



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ANALISIS POTENSI SUNGAI LANDEAN  
SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO UNTUK WISATA  
LEMAHA MBENCIRANG KABUPATEN  
MOJOKERTO**

WINDI ASTUTI  
NRP. 03111440000110

Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



---

FINAL PROJECT – RC14-1501

**POTENTIAL ANALYSIS OF THE RIVER  
LANDEAN AS THE SOURCE OF MICRO HYDRO  
POWER FOR LEMBAH MBENCIRANG TOURISM  
AREA IN MOJOKERTO**

WINDI ASTUTI  
NRP. 03111440000110

Supervisor Lecture  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Earth  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

**ANALISIS POTENSI SUNGAI LANDEAN SEBAGAI  
SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO  
HIDRO UNTUK WISATA LEMBAH MBENCIRANG  
KABUPATEN MOJOKERTO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**WINDI ASTUTI**  
NRP. 0311144000110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. .... (Pembimbing I)



**SURABAYA  
JULI, 2018**

# **ANALISIS POTENSI SUNGAI LANDEAN SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO UNTUK WISATA LEMBAH MBENCIRANG KABUPATEN MOJOKERTO**

**Nama Mahasiswa** : Windi Astuti  
**NRP** : 03111440000110  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## **Abstrak**

*Desa Kebontunggul yang terletak di Kabupaten Mojokerto saat ini tengah mengembangkan sebuah wisata Lembah Mbencirang. Untuk keperluan operasional, tentunya kawasan wisata tersebut membutuhkan suplai energi listrik dalam kesehariannya. Dari latar belakang tersebut, pengelola wisata memiliki maksud untuk memanfaatkan Sungai Landean sebagai pembangkit listrik bagi kawasan wisata. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh Sungai Landean sebagai pembangkit listrik.*

*Untuk mencapai tujuan akhir, beberapa prosedur harus dilakukan. Pertama adalah analisis hidrologi untuk menentukan debit andalan. Kedua adalah analisis hidrolika yang meliputi perencanaan konstruksi PLTMH yang terdiri dari pintu pengambilan, saluran pembawa, kantong pasir, bak penenang, penyaring sampah, pipa pesat, dan saluran pembuang; serta perhitungan kehilangan energi. Ketiga adalah analisis transportasi sedimen untuk menentukan debit sedimen. Keempat adalah analisis potensi tenaga air yang meliputi pemilihan jenis turbin, kemudian perhitungan daya serta energi yang dapat dihasilkan. Kelima adalah perhitungan kebutuhan energi listrik pada lokasi studi. Langkah terakhir adalah melakukan perbandingan antara energi yang dihasilkan dan energi yang dibutuhkan.*

*Dengan debit andalan  $0,785 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan tinggi jatuh netto 8,777 meter didapatkan bahwa jenis turbin yang dapat*

*dipakai adalah turbin crossflow, dengan kapasitas daya sebesar 58,8 kW dan energi per hari yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1174,56 kWh. Kebutuhan energi listrik total di lokasi studi didapatkan sebesar 60 kWh per hari. Sehingga, dapat ditarik kesimpulan bahwa Sungai Landean sebagai sumber PLTMH dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di lokasi studi.*

**Kata Kunci—***crossflow, lembah mbencirang, pltmh, sungai landean*

# **POTENTIAL ANALYSIS OF THE RIVER LANDEAN AS THE SOURCE OF MICRO HYDRO POWER FOR LEMBAH MBENCIRANG TOURISM AREA IN MOJOKERTO**

**Name : Windi Astuti**  
**NRP : 03111440000110**  
**Department : Civil Engineering, FTSLK-ITS**  
**Supervisor Lecture : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc**

## **Abstract**

*Kebontunggul Village in Mojokerto is currently improving a tourism area named Lembah Mbencirang. In daily activity, this tourism area needs electricity. Based on this condition, the manager intends to make use of the River Landean as the source of a power plant for the tourism area. This study aim is to determine the electrical power and energy that can be generated by the River Landean as the source of a power plant.*

*To achieve that, some steps should be done. First is hydrological analysis to determine the flow discharge. Second is hydraulic analysis which including MHP constructions planning, that consist of intake, headrace, sandtrap, forebay, trashrack, penstock, and tailrace; and head losses calculation. Third is sediment transport analysis to determine the sediment discharge. Fourth is hydro power potential analysis including selection of turbine type, then the calculation of power and energy that can be generated. Fifth is calculation the need of electrical energy at Lembah Mbencirang. Then, the last step is make comparison between the generated and needed energy.*

*With the flow discharge of  $0,785 \text{ m}^3/\text{s}$  and head nett  $8,777 \text{ m}$ , it was obtained that turbine type can be used is crossflow type with the power capacity of  $58,8 \text{ kW}$  and energy that can be generated is  $1174,56 \text{ kWh}$  each day. The total need of electrical energy at Lembah Mbencirang is  $60 \text{ kW}$  each day. So, based on*

*analysis, it can be conclude that River Landean MHP is able to sufficient the electricity.*

**Keywords**—*crossflow, lembah mbencirang, mhp, river landean*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “Analisis Potensi Sungai Landean sebagai Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro untuk Wisata Lembang Mbencirang Kabupaten Mojokerto”.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi S-1 Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama mengikuti pendidikan S-1 Teknik Sipil sampai dengan proses penyelesaian tugas akhir, berbagai pihak telah membantu, membina, serta memberikan fasilitas dan dukungan. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, tanpa kehendak-Nya penulis tidak akan dapat berada hingga tahap ini.
2. Bapak Budi dan Ibu Indah, selaku orangtua penulis, yang senantiasa memberikan dukungan penuh selama menjalani pendidikan, baik dukungan moral moral maupun material.
3. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, selaku dosen pembimbing, yang telah membina dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen S-1 Teknik Sipil ITS yang telah banyak memberikan disiplin ilmu yang berguna bagi penulis selama menempuh pendidikan.
5. Seluruh staf dan karyawan akademik yang telah banyak membantu serta memberikan fasilitas dalam urusan administratif.
6. Pupawa dan Vanessa, selaku sahabat penulis, yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta penghiburan untuk penulis.



7. Kawan-kawan S-57 yang telah bersedia untuk berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis selama masa pendidikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Karena itu, kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati. Mudah-mudahan, dengan adanya tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Permasalahan.....	3
1.3    Tujuan.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	4
1.5    Manfaat.....	5
BAB II .....	7
2.1    Umum.....	7
2.2    Analisis Debit Andalan .....	8
2.3    Analisis Desain PLTMH .....	9
2.3.1    Perencanaan bangunan pengatur tinggi muka air ..	9
2.3.2    Perencanaan pintu pengambilan ( <i>intake</i> ).....	9
2.3.3    Perencanaan saluran pembawa .....	11
2.3.4    Perencanaan kantong pasir .....	12

2.3.5	Perencanaan bak penenang .....	15
2.3.6	Perencanaan penyaring sampah ( <i>trashrack</i> ).....	16
2.3.7	Perencanaan pipa pesat.....	17
2.3.8	Perencanaan saluran pembuang.....	21
2.4	Analisis Tinggi Jatuh.....	21
2.4.1	Kehilangan energi akibat pemasukan .....	22
2.4.2	Kehilangan energi akibat penyaring sampah.....	23
2.4.3	Kehilangan energi akibat gesekan pipa .....	24
2.4.4	Kehilangan energi akibat intake pipa .....	27
2.4.5	Kehilangan energi akibat belokan pipa .....	27
2.4.6	Kehilangan energi akibat keluaran .....	28
2.5	Perhitungan Potensi Tenaga Air.....	28
2.5.1	Pemilihan Jenis Turbin .....	29
2.6	Analisis Kebutuhan Energi Listrik .....	30
BAB III.....		31
3.1	Survei Pendahuluan.....	31
3.2	Studi Literatur.....	31
3.3	Pengumpulan Data .....	31
3.4	Analisis Data dan Perhitungan .....	32
3.5	Diagram Alir.....	34
BAB IV .....		37
4.1	Analisis Debit Andalan .....	37
4.2	Perencanaan Bangunan PLTMH .....	41

4.2.1	Perencanaan pintu pengambilan .....	41
4.2.2	Perencanaan saluran pembawa .....	46
4.2.3	Perencanaan kantong pasir .....	49
4.2.4	Perencanaan bak penenang .....	55
4.2.5	Perencanaan penyaring sampah ( <i>trashrack</i> ) .....	57
4.2.6	Perencanaan pipa pesat .....	58
4.2.7	Perencanaan saluran pembuang .....	65
4.3	Analisis Tinggi Jatuh Efektif .....	68
4.3.1	Kehilangan energi akibat pemasukan .....	68
4.3.2	Kehilangan energi akibat penyaring sampah .....	69
4.3.3	Kehilangan energi akibat gesekan pipa .....	70
4.3.4	Kehilangan energi akibat pemasukan pipa .....	73
4.3.5	Kehilangan energi akibat belokan pipa .....	74
4.3.6	Kehilangan energi akibat keluaran .....	75
4.3.7	Perhitungan tinggi jatuh efektif .....	76
4.4	Perhitungan Potensi Tenaga Air .....	77
4.4.1	Pemilihan jenis turbin .....	77
4.4.2	Perhitungan kapasitas daya listrik .....	79
4.4.3	Perhitungan energi listrik .....	79
4.5	Analisis Kebutuhan Energi Listrik .....	79
BAB V	.....	81
5.1	Kesimpulan .....	81
5.2	Saran .....	82

DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
LAMPIRAN I.....	xviii
LAMPIRAN II .....	xxv
LAMPIRAN III .....	xxxviii
LAMPIRAN IV .....	xxxix
BIODATA PENULIS.....	xl

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Studi.....	2
Gambar 2.1 Nilai Koefisien K.....	10
Gambar 2.2 Nilai Koefisien $\mu$ .....	11
Gambar 2.3 Grafik Hjulström .....	15
Gambar 2.4 Koefisien Kehilangan Energi.....	22
Gambar 2.5 Jenis-jenis Profil Saringan .....	23
Gambar 2.6 Ilustrasi Penyaring Sampah .....	24
Gambar 2.7 Diagram Moody.....	25
Gambar 2.8 Grafik Pemilihan Turbin.....	29
Gambar 2.9 Grafik Efisiensi Turbin.....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	35
Gambar 4.1 <i>Flow Duration Curve</i> .....	40
Gambar 4.2 <i>Rating Curve</i> .....	44
Gambar 4.3 Faktor Aliran (K).....	45
Gambar 4.4 Koefisien Debit ( $\mu$ ).....	45
Gambar 4.5 Grafik Analisis Ayakan .....	51
Gambar 4.6 Grafik Hjulstrom .....	54
Gambar 4.7 Koefisien Kehilangan Energi Akibat Pemasukan....	69
Gambar 4.8 Jenis-jenis Profil Saringan .....	70
Gambar 4.9 Diagram Moody.....	73
Gambar 4.10 Grafik Pemilihan Turbin.....	78
Gambar 4.11 Grafik Pemilihan Turbin.....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Manning .....	12
Tabel 2.2 Koefisien Manning Pipa.....	18
Tabel 2.3 Koefisien Profil Saringan .....	23
Tabel 2.4 Viskositas Kinematis Air .....	26
Tabel 2.5 Variasi Nilai $\epsilon$ .....	26
Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Debit .....	37
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan <i>Rating Curve</i> .....	42
Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Teknis Pintu Pengambilan .....	46
Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Teknis Saluran Pembawa.....	49
Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Teknis Kantong Pasir .....	55
Tabel 4.6 Rekapitulasi Data Teknis Bak Penenang.....	57
Tabel 4.7 Rekapitulasi Data Teknis Penyaring Sampah.....	57
Tabel 4.8 Koefisien Manning Pipa.....	58
Tabel 4.9 Rekapitulasi Data Teknis Dimensi Pipa Pesat.....	61
Tabel 4.10 Rekapitulasi Data Teknis Saluran Pembuang .....	68
Tabel 4.11 Koefisien Profil .....	70
Tabel 4.12 Variasi Nilai $e$ .....	72
Tabel 4.13 Kebutuhan Energi Listrik .....	80

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

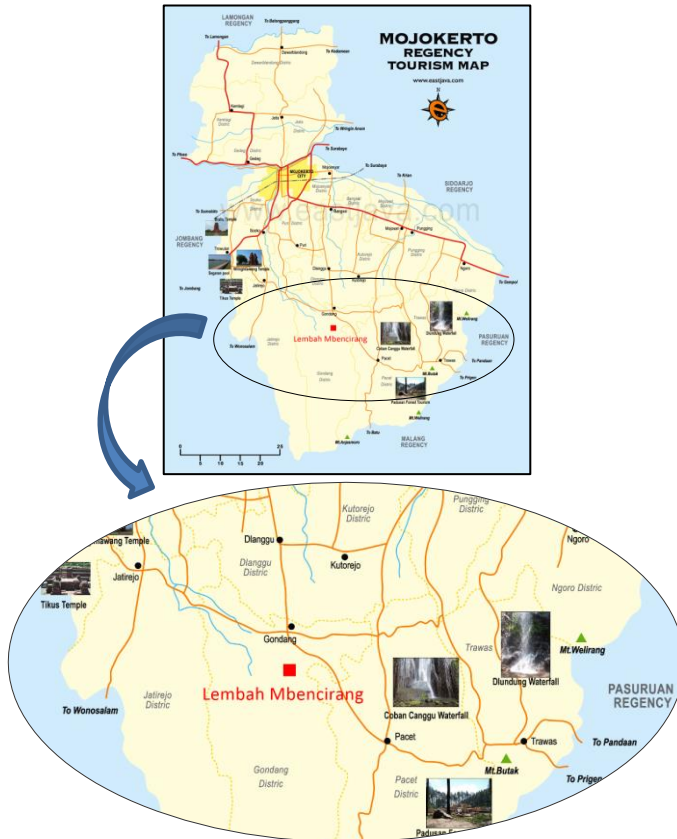
Lembah Mbencirang merupakan suatu kawasan wisata edukasi terpadu yang terletak di Desa Kebontunggul, Kecamatan Gondang, Kabupaten Mojokerto. Kawasan wisata ini terdiri dari berbagai macam fasilitas dan wahana untuk menarik minat wisatawan. Fasilitas dan wahana tersebut diantaranya adalah *outbond*, permainan tradisional, edukasi pertanian, warung kuliner tradisional, dan penginapan yang diperuntukkan bagi pengunjung. Pembangunan kawasan wisata ini merupakan salah satu langkah yang ditempuh oleh Kepala Desa Kebontunggul demi tercapainya kemakmuran dan kesejahteraan penduduk dengan meningkatkan perekonomian desa.

Berbagai macam bentuk pengembangan pada kawasan wisata Lembah Mbencirang terus dilakukan. Salah satu bentuk pengembangan yang saat ini tengah direncanakan adalah pemanfaatan Sungai Landean sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) untuk kawasan wisata. Hal tersebut dilakukan sebagai harapan dari Kepala Desa Kebontunggul. Selain itu, alasan lainnya adalah karena selama ini suplai energi listrik untuk kawasan wisata masih berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang tarifnya dirasa cukup mahal oleh pengelola. Tarif yang cukup mahal ini, disertai pula oleh banyaknya komponen dan peralatan yang membutuhkan energi listrik dalam pengoperasiannya. Seperti lampu penerangan, *sound system*, dan lain-lain. Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk suplai energi listrik cukup tinggi. Dengan memanfaatkan Sungai Landean sebagai PLTMH, diharapkan dapat meminimalisir biaya suplai energi listrik untuk kawasan wisata.

Sebelum dilaksanakannya pembangunan PLTMH pada Sungai Landean, perlu dilakukan tahap perencanaan. Dalam tahap



ini, dilakukan perhitungan serta analisis mengenai debit, potensi tinggi jatuh, dimensi komponen bangunan PLTMH, dan jenis turbin yang cocok digunakan. Sehingga, selanjutnya dapat dihitung potensi daya listrik yang bisa dihasilkan oleh Sungai Landean bagi kawasan wisata Lembah Mbencirang.



Gambar 1.1 Lokasi Studi  
Sumber: [www.eastjava.com](http://www.eastjava.com)

Dengan adanya tugas akhir ini, diharapkan dapat diketahui potensi daya listrik yang dapat dihasilkan oleh

pemanfaatan Sungai Landean sebagai PLTMH, serta hasil perencanaannya dapat digunakan sebagai acuan apabila akan dilakukan tahap pembangunan atau realisasi.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rincian masalah yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah debit andalan pada Sungai Landean?
2. Berapakah tinggi jatuh netto yang dapat dimanfaatkan pada Sungai Landean untuk PLTMH?
3. Berapakah dimensi pintu pengambilan pada PLTMH Sungai Landean?
4. Berapakah dimensi saluran pembawa pada PLTMH Sungai Landean?
5. Berapakah dimensi kantong pasir pada PLTMH Sungai Landean?
6. Berapakah dimensi bak penenang pada PLTMH Sungai Landean?
7. Berapakah dimensi pipa pesat pada PLTMH Sungai Landean?
8. Berapakah dimensi saluran pembuang pada PLTMH Sungai Landean?
9. Apa jenis turbin yang cocok untuk PLTMH Sungai Landean?
10. Berapakah potensi daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTMH Sungai Landean?
11. Berapakah kebutuhan energi listrik pada lokasi studi?
12. Apakah energi listrik yang dihasilkan oleh Sungai Landean sebagai sumber PLTMH dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi studi?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan debit andalan pada Sungai Landean.
2. Mengetahui tinggi jatuh netto yang dapat dimanfaatkan pada Sungai Landean untuk PLTMH.
3. Mendapatkan dimensi pintu pengambilan pada PLTMH Sungai Landean.
4. Mendapatkan dimensi saluran pembawa pada PLTMH Sungai Landean.
5. Mendapatkan dimensi kantong pasir pada PLTMH Sungai Landean.
6. Mendapatkan dimensi bak penenang pada PLTMH Sungai Landean.
7. Mendapatkan dimensi pipa pesat pada PLTMH Sungai Landean.
8. Mendapatkan dimensi saluran pembuang pada PLTMH Sungai Landean.
9. Mengetahui jenis turbin yang cocok untuk PLTMH Sungai Landean.
10. Mengetahui potensi daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTMH Sungai Landean.
11. Mengetahui kebutuhan energi listrik pada lokasi studi.
12. Mengetahui apakah energi listrik yang dihasilkan oleh Sungai Landean sebagai sumber PLTMH dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi studi.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak melakukan perhitungan dan perencanaan secara detail pada perangkat pembangkit.
2. Tidak meliputi perencanaan dan analisis pada segi finansial.
3. Tidak memperhitungkan kekuatan struktur dan kestabilan tanah pada bangunan-bangunan yang direncanakan.
4. Bangunan pengatur tinggi muka air menggunakan bendung eksisting pada lokasi studi.

5. Tidak melakukan analisis pembagian distribusi listrik pada lokasi studi.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang akan didapatkan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui potensi Sungai Landean sebagai PLTMH bagi wisata Lembah Mbencirang.
2. Dapat digunakan sebagai acuan apabila akan dilakukan realisasi di kemudian hari.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Secara teknis, pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan menjadi 4 (empat) macam berdasarkan kapasitasnya, yaitu:

- a. PLTA mikro yaitu dengan daya hingga 99 kW
- b. PLTA kapasitas rendah; daya 100 hingga 999 kW
- c. PLTA kapasitas sedang; daya 1000 hingga 9999 kW
- d. PLTA kapasitas tinggi; daya 10.000 kW ke atas  
(Patty, 1995)

Sedangkan menurut tinggi jatuhnya air, pembangkit listrik tenaga air dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

- a. PLTA dengan tekanan rendah;  $H < 15$  m
- b. PLTA dengan tekanan sedang  $H = 15$  hingga 50 m
- c. PLTA dengan tekanan tinggi;  $H > 50$  m  
(Patty, 1995)

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro merupakan jenis pembangkit listrik yang memiliki sistem dan konstruksi relatif sederhana, dengan komponen-komponen sebagai berikut:

- Bangunan pengatur tinggi muka air
- Pintu pengambilan
- Kantong pasir
- Saluran pembawa
- Bak penenang
- Penyaring sampah (*trashrack*)
- Pipa pesat
- Rumah pembangkit
- Turbin

- Generator, dan
- Saluran pembuang

Jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikro hidro sangat bergantung pada tinggi jatuh air dan debit andalan pada sungai yang dapat dimanfaatkan. Semakin besar nilai tinggi jatuhnya air dan debit andalan, semakin besar pula energi listrik yang dapat dihasilkan.

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini adalah dengan cara menaikkan tinggi muka air pada sungai, sehingga air tersebut dapat dilewatkan menuju pintu pengambilan. Kemudian, air dari pintu pengambilan dibawa oleh saluran pembawa/pengarah menuju bak penenang, yang selanjutnya dari bak penenang akan dialirkan ke saluran pipa pesat atau *penstock*. Saluran pipa pesat ini harus didesain dengan perbedaan tinggi tertentu antara hulu dengan hilirnya. Sehingga, air yang melewati saluran pipa pesat menuju rumah pembangkit, diharapkan bisa memutar turbin. Putaran dari turbin selanjutnya digunakan untuk menggerakkan poros generator, sehingga dapat menghasilkan listrik. Air yang telah digunakan untuk memutar turbin dialirkan kembali menuju sungai melalui saluran pembuang.

## **2.2 Analisis Debit Andalan**

Debit andalan adalah debit yang diperkirakan selalu tersedia, dengan resiko kegagalan yang telah ditentukan. Dalam tugas akhir ini, debit andalan ditentukan berdasarkan pencatatan debit sungai selama kurun waktu 1 (satu) tahun, sesuai data yang tersedia.

Untuk menentukan besarnya debit andalan, dibuat *flow duration curve* yang menampilkan grafik nilai debit dan probabilitasnya. Langkah-langkah dalam membuat *flow duration curve* adalah sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data pencatatan debit dari yang terbesar hingga terkecil.
- b. Memberi nomor urut sesuai peringkat pada tiap-tiap data.
- c. Menghitung presentase probabilitas pada tiap-tiap data, dengan perumusan sebagai berikut:

$$P = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (2-1)$$

dimana,

P : probabilitas tiap data (%)

m : nomor urut data

n : jumlah data

- d. Membuat hubungan grafik antara debit dan probabilitas.

Dari *flow duration curve* yang telah dibuat, dapat ditentukan nilai debit andalan dengan tingkat keberhasilan tertentu selama kurun waktu yang ditentukan.

## 2.3 Analisis Desain PLTMH

Pada tugas akhir ini, terdapat beberapa komponen bangunan utama pada PLTMH yang perlu untuk direncanakan, yaitu bangunan pengatur tinggi muka air, pintu pengambilan, kantong pasir, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, dan saluran pembuang.

### 2.3.1 Perencanaan bangunan pengatur tinggi muka air

Pada tugas akhir ini, bangunan pengatur tinggi muka air memanfaatkan bendung yang telah tersedia di lokasi studi. Bendung tersebut bernama Dam Landean, yang sebelumnya juga memiliki kontribusi dalam menaikkan muka air untuk keperluan saluran irigasi.

### 2.3.2 Perencanaan pintu pengambilan (*intake*)

Pintu pengambilan (*intake*) merupakan salah satu komponen pada PLTMH yang berfungsi sebagai penyadap aliran sungai serta pengatur banyaknya air yang akan masuk ke saluran.



Rumus yang digunakan dalam perencanaan pintu pengambilan adalah sebagai berikut:

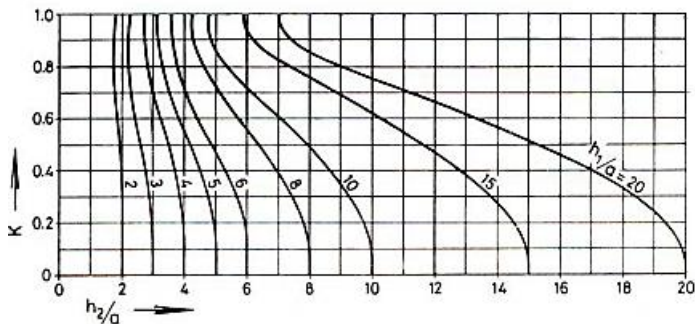
$$Q = K \mu a b \sqrt{2 g h_1} \quad (2-2)$$

(KP-04, 2010)

dimana,

- Q : debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
- a : tinggi bukaan pintu (m)
- b : lebar pintu (m)
- g : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- $h_1$  : kedalaman air di depan pintu (m)
- K : faktor aliran tenggelam (Gambar 2.1)
- $\mu$  : koefisien debit (Gambar 2.2)

Nilai K, atau nilai faktor aliran tenggelam dapat ditentukan berdasarkan tinggi muka air hulu, tinggi muka air hilir, dan tinggi bukaan. Hubungan diantara variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.

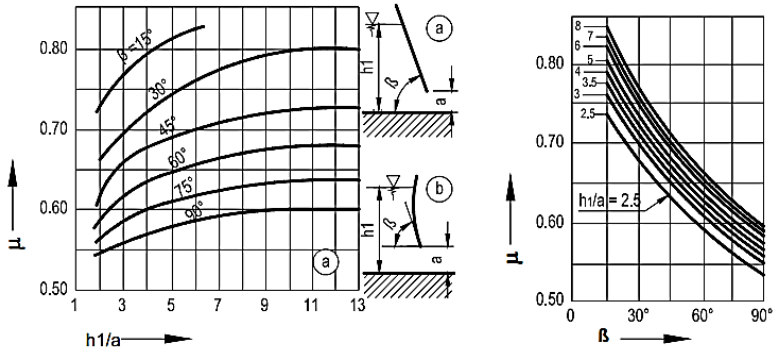


Gambar 2.1 Nilai Koefisien K

Sumber: KP-04, 2010

Sedangkan untuk nilai  $\mu$ , atau koefisien debit, bergantung pada tinggi muka air hulu, tinggi bukaan, dan sudut permukaan

pintu. Hubungan antara variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Nilai Koefisien  $\mu$   
Sumber: KP-04, 2010

Kapasitas pengambilan harus sekurang-kurangnya 120% dari kebutuhan pengambilan (*dimension requirement*) guna menambah fleksibilitas dan agar dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi selama umur proyek (KP-02, 2010).

### 2.3.3 Perencanaan saluran pembawa

Saluran pembawa merupakan sebuah saluran yang memiliki fungsi untuk membawa dan mengarahkan aliran air dari pintu pengambilan (*intake*) menuju ke bak penenang.

Bentuk penampang saluran pembawa secara umum dapat berupa segi empat atau trapesium. Begitu pula material yang digunakan dapat berupa saluran tanah, pasangan beton, atau pasangan bata.

Perumusan untuk merencanakan dimensi saluran pembawa menggunakan persamaan Manning, yaitu:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \quad (2-3)$$

(Kamiana, 2011)

dimana,

- v : kecepatan aliran (m/detik)  
 n : koefisien Manning (Tabel 2.1)  
 R : jari-jari hidrolis (m)  
 i : kemiringan saluran

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Manning

No	Bahan Saluran	n
1	Pasangan batu bata diplester halus	0,01 – 0,015
2	Pasangan batu bata tidak diplester	0,012 – 0,018
3	Pasangan batu kali dihaluskan	0,017 – 0,03
4	Pasangan batu kali tidak dihaluskan	0,023 – 0,035
5	Beton dihaluskan ( <i>finished</i> )	0,011 – 0,015
6	Beton cetak tidak dihaluskan ( <i>unfinished</i> )	0,014 – 0,02
7	Beton pada galian beton yang rapi	0,017 – 0,02
8	Beton pada galian beton yang tidak dirapikan	0,022 – 0,027
9	Tanah galian yang rapi	0,016 – 0,02
10	Tanah galian berbatu yang dirapikan	0,022 – 0,03
11	Tanah galian yang sedikit ditumbuhi rumput	0,022 – 0,033
12	Galian pada batuan keras	0,025 – 0,04

Sumber: Chow, 1999

### 2.3.4 Perencanaan kantong pasir

Pada umumnya pada sebagian besar sungai, terutama sungai wilayah pegunungan, mengandung partikel-partikel sedimen. Partikel sedimen tersebut dapat berupa kerikil, pasir, maupun lanau. Apabila bahan tersebut dibiarkan mengalir, tentunya akan mengganggu kinerja turbin hingga menyebabkan kerusakan.

Diameter maksimum yang diijinkan dari bahan yang diangkut adalah:

- 0,2 – 0,5 mm; untuk PLTA tekanan rendah
- 0,1 – 0,2 mm; untuk PLTA tekanan sedang, dan

- 0,01 – 0,05 mm; untuk PLTA tekanan tinggi.  
(Patty, 1995)

Untuk itu, dibutuhkan suatu komponen dalam sistem PLTMH untuk menampung sedimen-sedimen yang dibawa oleh aliran air. Komponen tersebut yaitu kantong pasir.

Dalam perencanaan kantong pasir, terdiri dari 2 (dua) tahap, yaitu perhitungan debit sedimen dan perencanaan dimensi.

### 2.3.4.1 Perhitungan debit sedimen

Debit sedimen adalah jumlah partikel sedimen yang mengalir per satuan waktu. Dalam menghitung debit sedimen yang terjadi, digunakan perumusan Meyer-Peter Muller, yaitu:

$$\left[ \frac{q_s(\gamma_s - \gamma)}{\gamma_s} \right]^{\frac{2}{3}} \left( \frac{\gamma}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{0,25}{(\gamma_s - \gamma)d} = \frac{(K_s/K_r)^{\frac{3}{2}} \gamma R S}{(\gamma_s - \gamma)d} - 0,047 \quad (2-4)$$

(Yang, 1996)

dimana,

- $q_s$  : debit sedimen (ton/detik/m)
- $\gamma_s$  : berat jenis tanah (ton/m<sup>3</sup>)
- $\gamma$  : berat jenis air (ton/m<sup>3</sup>)
- $g$  : percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $d$  : diameter partikel sedimen rata-rata (m)
- $K_s, K_r$  : koefisien Strickler
- $R$  : jari-jari hidrolis penampang (m)
- $S$  : kemiringan

Muller telah menentukan perumusan untuk menghitung koefisien  $K_r$ , yaitu:

$$K_r = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (2-5)$$

(Yang, 1996)

dimana,

$K_r$  : koefisien Strickler sedimen

$d_{90}$  : diameter butir lolos pada presentase 90% (m)

#### **2.3.4.2 Perencanaan dimensi kantong pasir**

Secara garis besar, dimensi kantong pasir bergantung pada nilai debit sedimen yang terjadi serta jangka waktu pengurasan. Sehingga, perumusan yang digunakan adalah:

$$V = Q_s \times T \quad (2-6)$$

dimana,

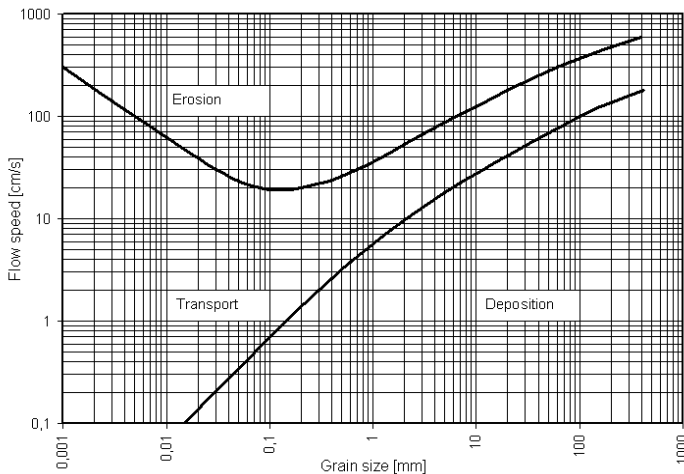
$V$  : volume kantong pasir ( $m^3$ )

$Q_s$  : debit sedimen ( $m^3/detik$ )

$T$  : lama waktu pengurasan (hari)

Kecepatan pada saat pembilasan harus direncanakan sedemikian rupa agar butir-butir sedimen yang mengendap dapat bergerak.

Untuk menentukan besarnya kecepatan tersebut, digunakan grafik Hjulstrom, yang menyatakan hubungan antara diameter butir dan kecepatan. Sehingga dari diagram tersebut dapat diketahui apakah butir-butir sedimen terendapkan, bergerak, atau tererosi. Grafik Hjulstrom dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik Hjulström  
Sumber: Hjulström, 1935

### 2.3.5 Perencanaan bak penenang

Bak penenang merupakan suatu komponen dalam PLTMH yang memiliki fungsi untuk menghubungkan saluran pembawa dan pipa pesat. Di dalam bak penenang, air keluaran dari saluran pembawa akan ditampung pada suatu wadah, sehingga apabila beban bertambah, kebutuhannya akan terpenuhi dengan mengambilnya dari bak tersebut.

Selain itu, bak penenang juga dapat berfungsi sebagai peredam pukulan air pada pipa. Penggunaan tenaga listrik harus disesuaikan dengan pemakaian oleh konsumen. Akan muncul suatu kejadian, dimana penggunaan listrik menjadi nol. Pada kondisi tersebut, berarti bahwa banyaknya debit air yang mengalir juga menjadi nol. Katup turbin yang semula terbuka menjadi tertutup, menyebabkan pukulan air. Gelombang yang hendak timbul pada pipa akibat pukulan air, dapat keluar ke bak penenang.

Fungsi lain dari bak penenang, juga sebagai pengendap bahan-bahan sedimen, serta pemisah akhir kotoran atau sampah yang dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja turbin.

Untuk dapat mengendapkan butir-butir sedimen yang bergerak, kecepatan aliran pada bak penenang harus dipastikan lebih kecil dari kecepatan kritis. Besarnya kecepatan kritis bergantung pada diameter butir sedimen yang akan diendapkan. Perumusan untuk menghitung kecepatan kritis, yaitu:

$$v_{cr} = a\sqrt{d} \quad (2-7)$$

(Patty, 1995)

dimana,

$v_{cr}$  : kecepatan kritis (m/detik)

$d$  : diameter butir (mm)

$a$  : 36 apabila  $d > 1$  mm

44 apabila  $1 \text{ mm} > d > 0,1 \text{ mm}$

51 apabila  $d < 0,1 \text{ mm}$

### 2.3.6 Perencanaan penyaring sampah (*trashrack*)

Alat penyaring sampah atau *trashrack* biasanya dipasang pada akhir bak penenang, sebelum aliran air masuk ke pipa pesat. Sesuai dengan namanya, bahwa *trashrack* berfungsi sebagai penyaring sampah, kotoran, dan bahan-bahan pengganggu lainnya yang apabila dibiarkan, dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja turbin.

Beberapa persyaratan dalam perencanaan *trashrack* antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Alat penyaring sampah (*trashrack*) tidak boleh terbuat dari bambu atau kayu dan harus dibuat dengan menggunakan besi pejal yang berdiameter paling sedikit 4 mm (empat milimeter) atau besi plat dengan ketebalan paling sedikit 3 mm (tiga milimeter).

- b. Alat penyaring sampah (*trashrack*) harus dilindungi dari korosi dengan melakukan pengecatan.
- c. Alat penyaring sampah (*trashrack*) harus dapat dilepas dari struktur sipil untuk perbaikan dan pembersihan.
- d. Alat penyaring sampah (*trashrack*) paling tidak memiliki celah dengan lebar paling sedikit 5 cm (lima centimeter) (Permen ESDM, 2017)

### 2.3.7 Perencanaan pipa pesat

Pipa pesat merupakan sebuah saluran tertutup yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang menuju turbin dengan beda tinggi jatuh tertentu. Perencanaan pipa pesat meliputi perencanaan diameter dan tebal pipa, perencanaan perletakan, serta perencanaan posisi mulut pipa.

#### 2.3.7.1 Perencanaan dimensi pipa

Perumusan yang digunakan untuk menentukan diameter pipa, yaitu sebagai berikut:

$$D = 2,69 \left( \frac{n^2 Q^2 L}{H} \right)^{0,1875} \quad (2-8)$$

(Penche, 1998)

dimana,

- D : diameter pipa (m)
- n : koefisien Manning pipa (Tabel 2.2)
- Q : debit (m<sup>3</sup>/detik)
- L : panjang pipa (m)
- H : beda tinggi jatuh bruto (m)



Tabel 2.2 Koefisien Manning Pipa

Welded steel	0.012
Polyethylene (PE)	0.009
PVC	0.009
Asbestos cement	0.011
Ductile iron	0.015
Cast iron	0.014
Wood-stave (new)	0.012
Concrete (steel forms smooth finish)	0.014

Sumber: Penche, 1998

Untuk perhitungan kebutuhan tebal pipa, digunakan perumusan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{p D}{2 \varphi \sigma} + (1 - 3 \text{ mm}) \quad (2-9)$$

(Patty, 1995)

dimana,

- $\delta$  : tebal pipa (m)
- $p$  : tegangan pada pipa ( $\text{kg/m}^2$ )
- $\varphi$  : kekuatan sambungan las (0,85-0,95)
- $\sigma$  : tegangan izin baja ( $\text{kg/m}^2$ )
- $D$  : diameter pipa (m)

Di samping itu, terdapat persyaratan tebal minimum untuk pipa, yaitu:

- sampai dengan diameter hingga 0,80 m                      5 mm
  - sampai dengan diameter hingga 1,50 m                      6 mm
  - sampai dengan diameter hingga 2,00 m                      7 mm
- (Patty, 1995)

### 2.3.7.2 Perencanaan perletakan pipa pesat

Jarak perletakan blok angker pada pipa pesat harus direncanakan sedemikian rupa agar lendutan dan tegangan yang terjadi tidak melebihi batas izin.

a. Kontrol lendutan

Panjang pipa antar perletakan harus memperhatikan batas maksimum izin lendutan. Lendutan maksimum yang terjadi dihitung dengan persamaan:

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{qb^4}{EI} \quad (2-10)$$

(SNI 03-2002)

dimana,

$\Delta$  : lendutan maksimum yang terjadi (m)

$q$  : berat (kg)

$b$  : jarak antar perletakan (m)

$E$  : modulus elastisitas ( $\text{kg/m}^2$ )

$I$  : momen inersia ( $\text{m}^4$ )

Jarak antar perletakan direncanakan sedemikian rupa, sehingga lendutan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan lendutan ijin, yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{b}{360} \quad (2-11)$$

b. Kontrol tegangan

Jarak antar perletakan juga harus direncanakan dengan mempertimbangkan tegangan yang terjadi. Dimana, tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan ijin. Momen maksimum yang terjadi pada pipa dihitung dengan persamaan:

$$M = \frac{1}{12} (G_s + G_w) b \cos \beta \quad (2-12)$$

(Patty, 1995)

dimana,

$M$  : momen maksimum (kgm)

- $G_s$  : berat pipa sepanjang  $b$  (kg)  
 $G_w$  : berat air sepanjang  $b$  (kg)  
 $b$  : jarak antar perletakan (m)  
 $\beta$  : sudut kemiringan

Momen perlawanan pada potongan pipa dihitung dengan persamaan:

$$S = \frac{\pi \delta d^2}{4} \quad (2-13)$$

(Patty, 1995)

dimana,

- $S$  : momen perlawanan (kgm)  
 $d$  : diameter pipa (m)  
 $\delta$  : tebal pipa (m)

Sehingga, tegangan yang terjadi pada pipa adalah:

$$\sigma = \frac{M}{S} < \sigma \text{ baja} \quad (2-14)$$

(Patty, 1995)

### 2.3.7.3 Perencanaan posisi mulut pipa

Aliran air menuju pipa pesat apabila tidak memiliki kedalaman yang cukup akan menyebabkan adanya udara di dalam pipa. Kondisi tersebut dapat mengganggu kinerja turbin. Sehingga, ketinggian air di muka pipa harus direncanakan sedemikian rupa, untuk mencegah hal-hal tersebut.

Jarak antara tinggi muka air dengan dasar pipa biasa disebut dengan *minimum operational level* (MOL). MOL dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$MOL = D + \frac{v^2}{2g} + h_e + h_f + h_m + h_o \quad (2-15)$$

dimana,

MOL : minimum operational level (m)

D : diameter pipa (m)

v : kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

he : kehilangan energi akibat intake pipa (m)

hm : kehilangan energi akibat belokan pipa (m)

hf : kehilangan energi akibat gesekan pipa (m)

ho : kehilangan energi akibat keluaran pipa (m)

### 2.3.8 Perencanaan saluran pembuang

Air yang telah dipakai untuk memutar turbin, dialirkan kembali menuju sungai melalui saluran pembuang. Perencanaan saluran pembuang sama dengan perencanaan saluran pembawa yang telah dibahas pada subbab 2.3.3.

### 2.4 Analisis Tinggi Jatuh

Secara kasar, tinggi jatuh adalah besarnya perbedaan ketinggian di antara 2 (dua komponen). Dalam kasus ini, komponen tersebut yaitu tinggi muka air pada pintu pengambilan dan outlet pipa pesat. Menghitung selisih elevasi muka air pada pintu pengambilan dan pipa pesat dapat menghasilkan perkiraan tinggi jatuh bruto.

Sedangkan, untuk menghitung besarnya daya yang dapat dihasilkan, tinggi jatuh harus sudah diperhitungkan terhadap kehilangan-kehilangan energi yang terjadi, yang disebut dengan tinggi jatuh bersih atau *head netto*. Untuk itu, perumusan yang digunakan untuk menghitung tinggi jatuh bersih tersebut adalah sebagai berikut:

$$H_{\text{netto}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \quad (2-16)$$

dimana,

$H_{\text{netto}}$  : tinggi jatuh bersih (m)

$H_{\text{bruto}}$  : tinggi jatuh kotor (m)

H losses : total kehilangan energi (m)

Nilai dari total kehilangan energi atau *head losses* dapat dihitung berdasarkan 4 (empat) kejadian, yaitu kehilangan energi akibat pemasukan pada pipa, akibat penyaring sampah (*trashrack*), akibat gesekan sepanjang pipa, dan akibat keluaran pipa.

#### 2.4.1 Kehilangan energi akibat pemasukan

Pada pintu pengambilan (*intake*) terdapat kehilangan energi yang terjadi, dimana besarnya bergantung pada kecepatan aliran dan jenis pemasukan.

Perumusan yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi di pintu pengambilan adalah sebagai berikut:

$$H_e = K \frac{v^2}{2g} \quad (2-17)$$

(Dake, 1985)

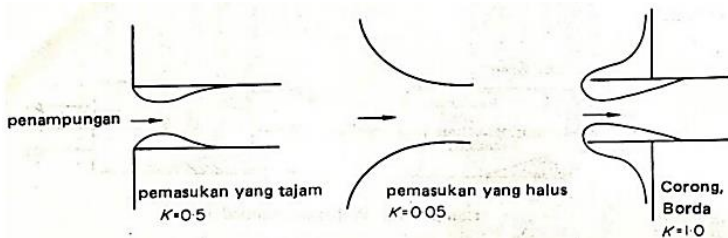
dimana,

$H_e$  : kehilangan energi akibat pintu pengambilan (m)

$K$  : koefisien kehilangan energi (Gambar 2.4)

$v$  : kecepatan aliran ( $m^2/detik$ )

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )



Gambar 2.4 Koefisien Kehilangan Energi

Sumber: Dake, 1985

### 2.4.2 Kehilangan energi akibat penyaring sampah

Pada penyaring sampah atau *trashrack* yang terletak pada bak penenang juga terdapat kehilangan energi, yang besarnya bergantung pada ukuran profil saringan, jarak antar profil, serta sudut kemiringan penyaring sampah.

Perumusan untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada penyaring sampah (*trashrack*) adalah sebagai berikut:

$$H_r = \varphi \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \quad (2-18)$$

(Patty, 1995)

dimana,

$H_r$  : kehilangan energi akibat penyaring sampah (m)

$\varphi$  : koefisien profil saringan (Tabel 2.3)

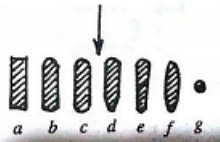
$s$  : lebar profil dari arah aliran (m)

$b$  : jarak antar profil (m)

$v$  : kecepatan aliran ( $m^2/detik$ )

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\alpha$  : sudut kemiringan dari sumbu datar



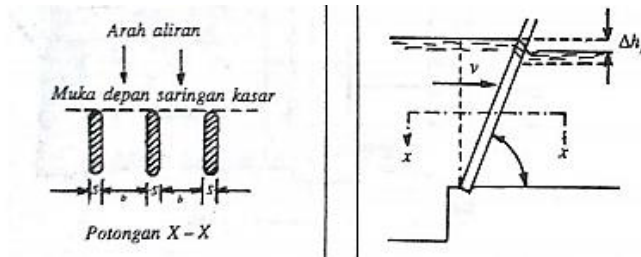
Gambar 2.5 Jenis-jenis Profil Saringan

Sumber: Patty, 1995

Tabel 2.3 Koefisien Profil Saringan

Profil	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
$\varphi$	2,42	1,83	1,67	1,03	0,92	0,76	1,79

Sumber: Patty, 1995



Gambar 2.6 Ilustrasi Penyaring Sampah  
Sumber: Patty, 1995

#### 2.4.3 Kehilangan energi akibat gesekan pipa

Air yang mengalir sepanjang pipa pesat, akan mengalami kehilangan energi yang disebabkan oleh gesekan dengan permukaan pipa itu sendiri. Besarnya kehilangan energi sepanjang pipa ini bergantung pada panjang pipa, diameter pipa, kecepatan aliran, serta material pipa.

Perumusan yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa adalah sebagai berikut:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (2-19)$$

(Penche, 1998)

dimana,

$H_f$  : kehilangan energi sepanjang pipa (m)

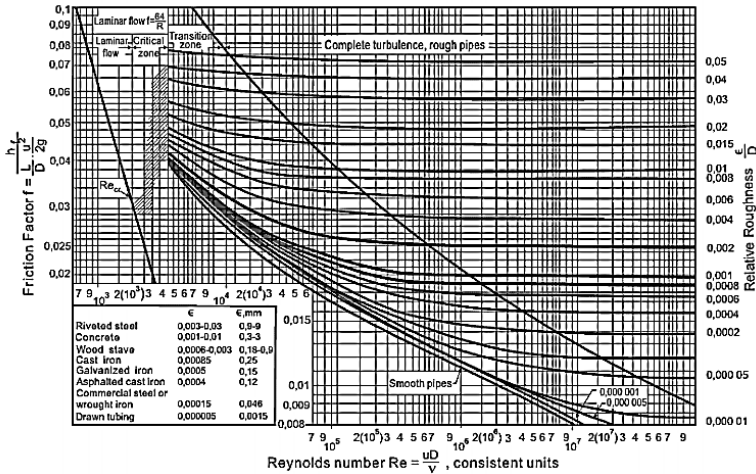
$f$  : koefisien gesek (Gambar 2.7)

$L$  : panjang total pipa (m)

$D$  : diameter pipa (m)

$v$  : kecepatan aliran (m/detik)

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )



Gambar 2.7 Diagram Moody

Sumber: Penche, 1998

Koefisien gesek dapat ditentukan melalui Diagram Moody pada Gambar 2.7. Dimana, parameter-parameter yang menentukan nilai koefisien gesek adalah bilangan Reynolds dan angka kekasaran relatif.

Bilangan Reynolds dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Re = \frac{D \times v}{\nu} \quad (2-20)$$

(Penche, 1998)

dimana,

Re : bilangan Reynolds

D : diameter pipa (m)

v : kecepatan aliran (m/detik)

$\nu$  : viskositas kinematis air ( $m^2/detik$ )



Tabel 2.4 Viskositas Kinematis Air

Temperature	Specific Weight	Density <sup>a</sup>	Dynamic Viscosity <sup>b</sup>	Kinematic Viscosity	Surface Tension <sup>c</sup>	Modulus of Elasticity <sup>a</sup>	Vapor Pressure
T (°C)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	μ (× 10 <sup>-3</sup> kg/m-s)	ν (× 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s)	σ (N/m)	E (× 10 <sup>9</sup> N/m <sup>2</sup> )	P <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33

Sumber: Venard dan Street, 1975

Sedangkan angka kekasaran relatif dapat dihitung menggunakan perumusan:

Relative roughness =  $\frac{\epsilon}{D}$  (2-21)

(Penche, 1998)

dimana,

ε : tinggi kekasaran pipa (m) (Tabel 2.5)

D : diameter pipa (m)

Tabel 2.5 Variasi Nilai ε

Pipe material	e(mm)
Polyethylene	0,003
Fiberglass with epoxy	0,003
Seamless commercial steel (new)	0,025
Seamless commercial steel (light rust)	0,250
Seamless commercial steel (galvanised)	0,150
Welded steel	0,600
Cast iron (enamel coated)	0,120
Asbestos cement	0,025
Wood stave	0,600
Concrete (steel forms, with smooth joints)	0,180

Sumber: Penche, 1998

#### 2.4.4 Kehilangan energi akibat intake pipa

Pada intake pipa pesat terdapat kehilangan energi yang terjadi, dimana besarnya bergantung pada kecepatan aliran dan jenis pemasukan pada pipa pesat.

Perumusan yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi di intake pipa pesat adalah sebagai berikut:

$$H_e = K \frac{v^2}{2g} \quad (2-22)$$

(Sularso dan Haruo, 2000)

dimana,

$H_e$  : kehilangan energi akibat intake pipa (m)

$K$  : koefisien kehilangan energi

$v$  : kecepatan aliran ( $m^2/detik$ )

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### 2.4.5 Kehilangan energi akibat belokan pipa

Pada pipa pesat yang terdapat belokan-belokan, perlu diperhitungkan pula kehilangan energi yang terjadi. Kehilangan energi tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$H_m = f \frac{v^2}{2g} \quad (2-23)$$

(Sularso dan Haruo, 2000)

dimana,

$H_m$  : kehilangan energi akibat belokan (m)

$f$  : faktor kehilangan energi akibat belokan

$v$  : kecepatan aliran ( $m^2/detik$ )

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Faktor kehilangan energi akibat belokan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$f = \left[ 0,131 + 1,847 \frac{D}{2R} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (2-24)$$

(Sularso dan Haruo, 2000)

dimana,

f : faktor kehilangan energi

D : diameter pipa (m)

R : radius belokan (m)

$\theta$  : sudut belokan (derajat)

#### 2.4.6 Kehilangan energi akibat keluaran

Pada keluaran atau outlet pipa pesat terdapat kehilangan energi yang besarnya dapat diperhitungkan menggunakan persamaan berikut.

$$H_o = K \frac{v^2}{2g} \quad (2-25)$$

(Sularso dan Haruo, 2000)

dimana,

$H_o$  : kehilangan energi akibat keluaran (m)

K : koefisien kehilangan energi ( $K=1$ )

v : kecepatan aliran (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### 2.5 Perhitungan Potensi Tenaga Air

Secara umum, perumusan yang digunakan untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$P = g \times H_{netto} \times Q \times \eta \quad (2-26)$$

(Patty, 1995)

dimana,

P : daya listrik (kW)

g : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

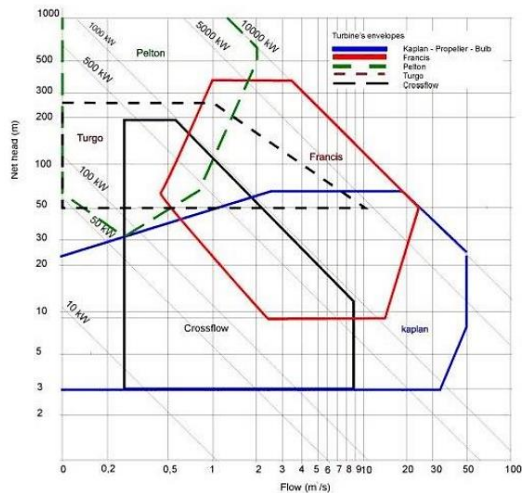
H netto : tinggi jatuh bersih (m)

$Q$  : debit andalan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )  
 $\eta$  : efisiensi turbin (%)

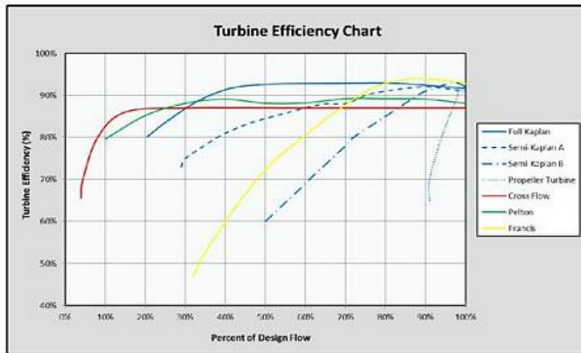
### 2.5.1 Pemilihan Jenis Turbin

Untuk mengetahui variabel efisiensi turbin ( $\eta$ ) pada perumusan potensi daya listrik, harus ditentukan terlebih dahulu jenis turbin yang akan dipakai. Dalam pemilihan jenis turbin ini, dibantu oleh grafik pada Gambar 2.8. Dimana, jenis turbin yang terpilih sangat bergantung pada debit andalan dan tinggi jatuh efektif.

Setelah menentukan jenis turbin yang akan digunakan, ditentukan pula efisiensi turbin yang telah terpilih. Efisiensi ini dapat ditentukan melalui Gambar 2.9. Dimana, besaran efisiensi turbin bergantung pada jenis turbin dan presentase debit andalan yang dipakai.



Gambar 2.8 Grafik Pemilihan Turbin  
 Sumber: Penche, 1998



Gambar 2.9 Grafik Efisiensi Turbin  
Sumber: The Colorado Energy Office, 2015

## 2.6 Analisis Kebutuhan Energi Listrik

Kebutuhan energi listrik pada lokasi studi dihitung berdasarkan jenis komponen, jumlah, serta durasi pemakaian. Sehingga perumusan untuk menghitung kebutuhan energi listrik adalah sebagai berikut.

$$E_{\text{kebutuhan}} = P \times T \times n \quad (2-27)$$

dimana,

$E_{\text{kebutuhan}}$ : energi listrik kebutuhan (wH)

$P$  : konsumsi daya (watt)

$T$  : durasi pemakaian (jam)

$n$  : jumlah komponen (buah)

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Survei Pendahuluan**

Survei pendahuluan merupakan tahap paling awal dari penelitian ini. Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan secara nyata, juga untuk mengidentifikasi persoalan-persoalan yang ada. Hal tersebut dimaksudkan agar nantinya didapatkan hasil perencanaan yang tepat.

Survei pendahuluan dilakukan melalui 2 (dua) cara, yaitu:

- Meninjau langsung kawasan yang menjadi objek penelitian, tepatnya di Desa Kebontunggul, Kecamatan Gondang, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur.
- Mengadakan diskusi secara langsung dengan perangkat Desa Kebontunggul dan UPT Pengairan setempat.

### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi mengenai metode dan tahapan untuk mencapai tujuan tugas akhir. Referensi tersebut dapat berupa buku, modul, jurnal, dan sumber-sumber lain yang mencakup pembahasan mengenai:

- Perencanaan pembangkit listrik
- Analisis sedimen
- Analisis hidrologi
- Analisis hidrolika
- Analisis tenaga air

### **3.3 Pengumpulan Data**

Data merupakan hal penting sebagai bahan awal dalam proses pengerjaan penelitian. Data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini diantaranya yaitu:

- a. Data topografi

Data topografi yang didapatkan berupa kontur penampang memanjang suatu garis permukaan tanah. Data ini didapatkan melalui *Google Earth*. Dengan data ini, dapat diketahui kontur beserta dengan elevasinya pada wilayah studi, yang berguna untuk menentukan layout perencanaan serta potensi tinggi jatuh yang dapat dimanfaatkan.

- b. Data debit sungai  
Data debit sungai didapatkan melalui UPT Pengairan Pugeran, Kabupaten Mojokerto. Data debit sungai ini akan dijadikan sebagai dasar dalam penentuan debit andalan.
- c. Data teknis bangunan eksisting  
Data teknis bangunan eksisting ini didapatkan melalui UPT Pengairan Pugeran, Kabupaten Mojokerto. Data ini meliputi data dimensi bangunan air (bendung) eksisting di lokasi studi.
- d. Data sedimentasi  
Data sedimentasi didapatkan dengan cara pengambilan sampel secara langsung di lapangan. Sampel yang telah didapatkan kemudian dianalisis di laboratorium untuk diperoleh hasil karakteristiknya yang meliputi berat jenis dan diameter butir.
- e. Data peralatan pada lokasi studi  
Data peralatan berisi daftar peralatan-peralatan yang membutuhkan suplai energi listrik pada pengoperasiannya. Data ini nantinya akan digunakan untuk menghitung total kebutuhan listrik pada lokasi studi.

### **3.4 Analisis Data dan Perhitungan**

- Analisis hidrologi  
Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan besaran nilai debit andalan. Analisis debit andalan dilakukan dengan menggunakan kurva durasi aliran, mengacu pada subbab 2.2.

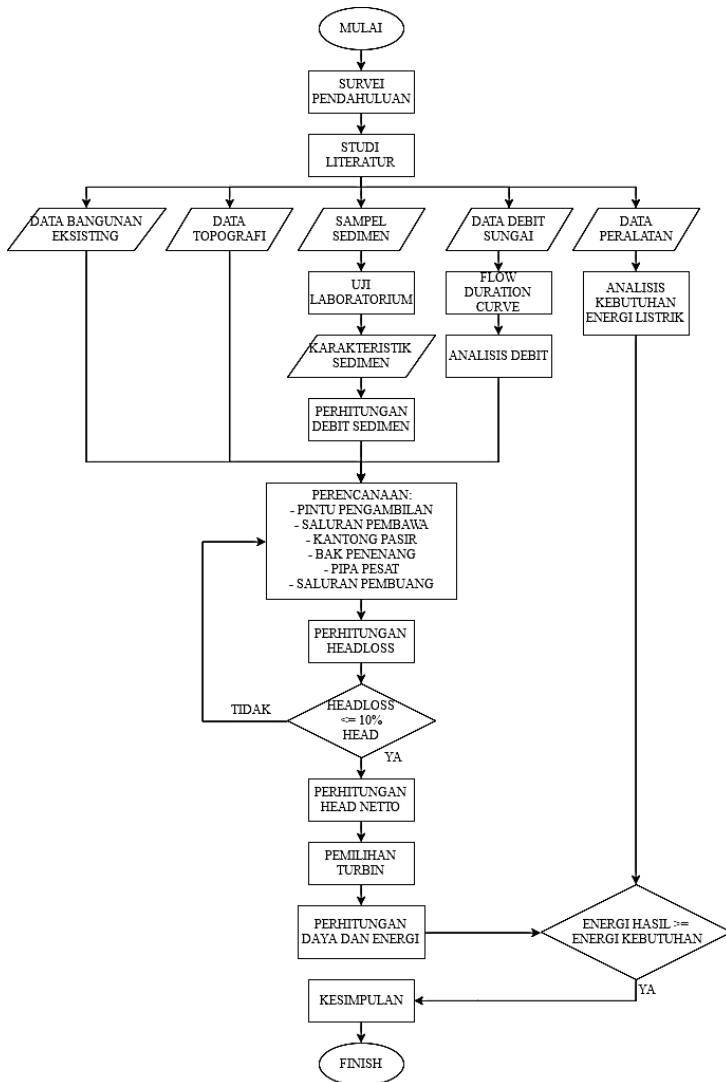
- Analisis sedimen  
Menentukan besaran debit sedimen yang terjadi berdasarkan sampel yang telah diuji di laboratorium. Perhitungan debit sedimen mengacu pada subbab 2.3.4.1.
- Analisis desain PLTMH  
Melakukan perencanaan desain bangunan-bangunan PLTMH yang meliputi:
  - a. Pintu pengambilan (*intake*), perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.2.
  - b. Saluran pembawa, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.3.
  - c. Kantong pasir, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.4.
  - d. Bak penenang, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.5.
  - e. Penyaring sampah, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.6.
  - f. Pipa pesat, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.7.
  - g. Saluran pembuang, perhitungannya mengacu pada subbab 2.3.8.
- Analisis kehilangan energi  
Menghitung total besaran kehilangan energi yang terjadi berdasarkan beberapa kondisi, yaitu:
  - a. Akibat pemasukan, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.1.
  - b. Akibat penyaring sampah, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.2.
  - c. Akibat gesekan sepanjang pipa, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.3.
  - d. Akibat pemasukan pipa, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.4.
  - e. Akibat belokan pipa, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.5.



- f. Akibat keluaran pipa, perhitungannya mengacu pada subbab 2.4.6.
- Analisis tinggi jatuh
  - a. Mengevaluasi besar kehilangan energi yang terjadi. Apabila besar kehilangan energi yang terjadi kurang dari 10% dari tinggi jatuh kotor, maka desain konstruksi PLTMH dapat dipakai. Tetapi apabila besar kehilangan energi yang terjadi lebih dari 10% maka perlu dilakukan perencanaan ulang desain konstruksi PLTMH.
  - b. Apabila dari poin (a) telah memenuhi syarat, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung tinggi jatuh efektif ( $H_{\text{netto}}$ ), mengacu pada subbab 2.4.
- Analisis potensi tenaga air
  - a. Memilih jenis turbin yang sesuai beserta nilai efisiensinya, mengacu pada subbab 2.5.1.
  - b. Menghitung nilai kapasitas daya listrik yang dapat dihasilkan, mengacu pada subbab 2.5.
  - c. Menghitung kebutuhan energi listrik pada lokasi studi berdasarkan daya, jumlah, dan durasi pemakaian, perhitungannya mengacu pada subbab 2.6.
  - d. Menganalisis apakah energi listrik yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi studi.

### **3.5 Diagram Alir**

Diagram alir pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Debit Andalan**

Data debit yang digunakan dalam menentukan debit andalan merupakan data debit limpasan Dam Landean 10 (sepuluh) harian selama 1 (satu) tahun, yaitu tahun 2017. Data debit tersebut dilampirkan pada Lampiran II.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan besaran debit andalan yaitu sebagai berikut:

1. Mengurutkan data, mulai data yang terbesar hingga data terkecil.
2. Memberi nomor urut mulai dari data terbesar.
3. Menghitung probabilitas tiap data dengan menggunakan perumusan (2-1).
4. Hasil rekapitulasi data debit beserta probabilitasnya disajikan pada Tabel 4.1

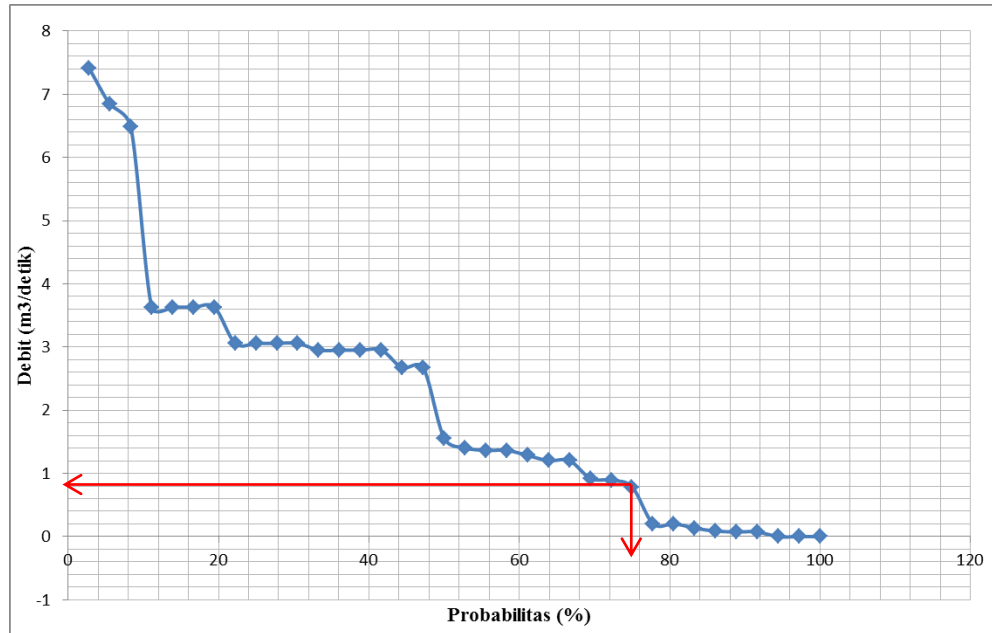
Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Debit

Tanggal	Q (lt/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Nomor	%
20 Desember 2017	7419	7.419	1	2.777778
10 Desember 2017	6841	6.841	2	5.555556
30 Desember 2017	6484	6.484	3	8.333333
30 Januari 2017	3630	3.63	4	11.11111
30 Maret 2017	3630	3.63	5	13.88889
30 April 2017	3630	3.63	6	16.66667
30 Mei 2017	3630	3.63	7	19.44444
20 Januari 2017	3059	3.059	8	22.22222
20 Maret 2017	3059	3.059	9	25

20 April 2017	3059	3.059	10	27.77778
20 Mei 2017	3059	3.059	11	30.55556
10 Januari 2017	2951	2.951	12	33.33333
10 Maret 2017	2951	2.951	13	36.11111
10 April 2017	2951	2.951	14	38.88889
10 Mei 2017	2951	2.951	15	41.66667
28 Februari 2017	2670	2.67	16	44.44444
30 November 2017	2670	2.67	17	47.22222
10 Agustus 2017	1559	1.559	18	50
10 Juni 2017	1404	1.404	19	52.77778
20 Februari 2017	1365	1.365	20	55.55556
20 November 2017	1365	1.365	21	58.33333
20 Agustus 2017	1285	1.285	22	61.11111
10 Februari 2017	1202	1.202	23	63.88889
10 November 2017	1202	1.202	24	66.66667
30 Agustus 2017	922	0.922	25	69.44444
30 Juni 2017	893	0.893	26	72.22222
20 Juni 2017	785	0.785	27	75
20 September 2017	203	0.203	28	77.77778
30 September 2017	203	0.203	29	80.55556
10 September 2017	136	0.136	30	83.33333
20 Oktober 2017	86	0.086	31	86.11111
30 Oktober 2017	77	0.077	32	88.88889
10 Oktober 2017	73	0.073	33	91.66667
10 Juli 2017	0	0	34	94.44444
20 Juli 2017	0	0	35	97.22222
30 Juli 2017	0	0	36	100

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Dari hasil rekapitulasi, dibuat *flow duration curve* atau kurva durasi aliran. Hasil kurva disajikan pada Gambar 4.1.
6. Dari *flow duration curve* yang telah dibuat, dapat ditentukan besarnya debit andalan berdasarkan probabilitas yang diinginkan.
7. Dipilih debit andalan dengan probabilitas 75%, yaitu:  
 $Q_{75\%} = 0,785 \text{ m}^3/\text{detik}$ .



Gambar 4.1 *Flow Duration Curve*

Sumber: Hasil Perhitungan

## 4.2 Perencanaan Bangunan PLTMH

Dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa komponen bangunan PLTMH yang perlu direncanakan, yaitu pintu pengambilan, saluran pembawa, kantong pasir, bak penenang, penyarung sampah (*trashrack*), dan pipa pesat.

### 4.2.1 Perencanaan pintu pengambilan

Dalam tugas akhir ini, pintu pengambilan (*intake*) didesain untuk menyadap air dari bangunan bendung eksisting di lokasi studi. Untuk menentukan besarnya tinggi muka air di hulu pintu pengambilan perlu dibuat *rating curve*.

Untuk membuat *rating curve*, perlu diketahui terlebih dahulu data-data yang tersedia sebagai berikut:

- Lebar bendung (b) = 14,5 meter
- Kemiringan sungai (i) = 0,01785
- Koefisien manning (n) = 0,025

Contoh perhitungan untuk tinggi air sebesar 0,01 meter adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 14,5 \times 0,01 \\ &= 0,145 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (4-1)$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 14,5 + (2 \times 0,01) \\ &= 14,52 \text{ m} \end{aligned} \quad (4-2)$$

$$\begin{aligned} R &= A / P \\ &= 0,145 / 14,52 \\ &= 0,0099 \text{ m} \end{aligned} \quad (4-3)$$

$$\begin{aligned} v &= n^{-1} R^{2/3} i^{1/2} \\ &= 0,025^{-1} \times 0,0099^{2/3} \times 0,01785^{1/2} \end{aligned} \quad (4-4)$$



$$= 0,248 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} Q &= v A \\ &= 0,248 \times 0,145 \\ &= 0,036 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned} \quad (4-5)$$

dimana,

- Q : debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
- b : lebar bendung (m)
- h : tinggi muka air (m)
- n : koefisien Manning
- i : kemiringan sungai
- A : luas penampang ( $\text{m}^2$ )
- P : keliling basah (m)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- v : kecepatan aliran (m/detik)

Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan pada beberapa variasi ketinggian muka air, dengan kelipatan 0,01 meter. Hasil rekapitulasi disajikan pada Tabel 4.2, dan hasil grafik disajikan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan *Rating Curve*

h (m)	A ( $\text{m}^2$ )	P (m)	R (m)	V (m/detik)	Q ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
0	0	14.5	0	0	0
0.01	0.145	14.52	0.01	0.248	0.036
0.02	0.29	14.54	0.02	0.394	0.114
0.03	0.435	14.56	0.03	0.516	0.224
0.04	0.58	14.58	0.04	0.625	0.363
0.05	0.725	14.6	0.05	0.725	0.526
0.06	0.87	14.62	0.06	0.819	0.713
0.07	1.015	14.64	0.069	0.899	0.912
0.08	1.16	14.66	0.079	0.984	1.141
0.09	1.305	14.68	0.089	1.065	1.39

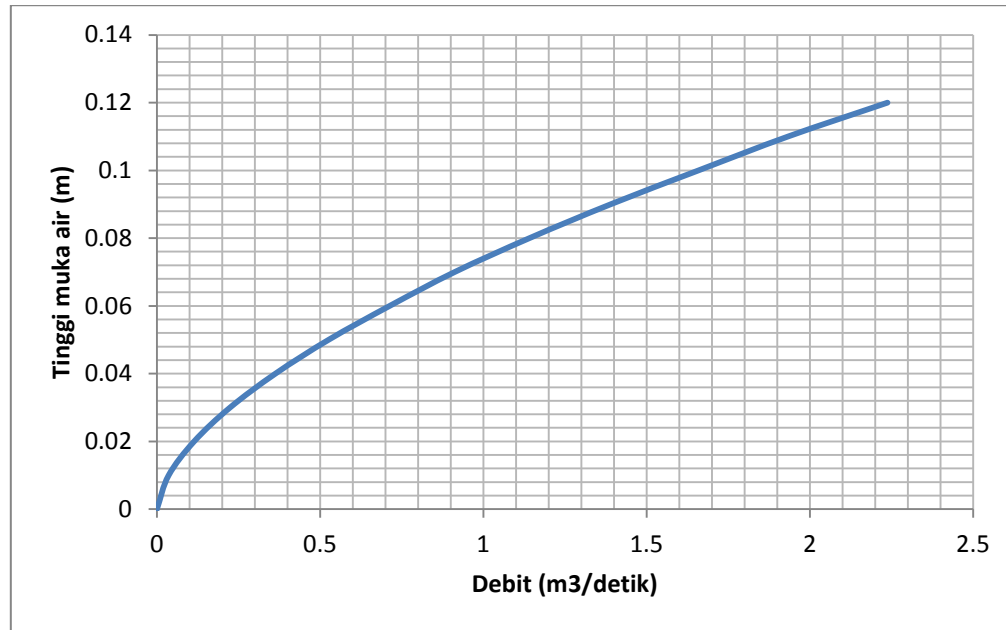
0.1	1.45	14.7	0.099	1.144	1.659
0.11	1.595	14.72	0.108	1.212	1.933
0.12	1.74	14.74	0.118	1.286	2.238

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari *rating curve* pada Gambar 4.2, dapat diketahui tinggi muka air di atas mercu bendung pada saat debit-debit tertentu. Karena debit desain =  $0,785 \text{ m}^3/\text{detik}$ , maka dari *rating curve* didapatkan tinggi muka air di atas bendung adalah  $h = 0,064$  meter. Dengan tinggi mercu bendung sebesar 1,1 meter, maka tinggi muka air total saat terjadi debit desain adalah 1,164 meter.

Selanjutnya adalah perencanaan dimensi pintu pengambilan itu sendiri. Pintu pengambilan direncanakan menggunakan jenis pintu sorong, dengan data-data sebagai berikut.

- Lebar pintu (b) = 1 m
- Tinggi bukaan (a) = 0,26 (asumsi awal)
- Kehilangan energi (z) = 0,15
- Tinggi ambang (P) = 0,5 m
- Tinggi air hulu ( $h_1$ ) =  $1,164 - 0,5$   
= 0,664 m
- Tinggi air hilir ( $h_2$ ) = 0,514 m
- Debit desain = 120% Q  
=  $120\% \times 0,785$   
=  $0,942 \text{ m}^3/\text{detik}$



Gambar 4.2 *Rating Curve*  
Sumber: Hasil Perhitungan

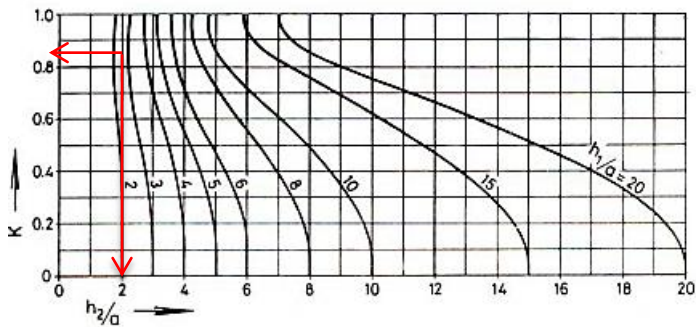
$$h_1/a = 0,664 / 0,26$$

$$= 2,54$$

$$h_2/a = 0,514 / 0,26$$

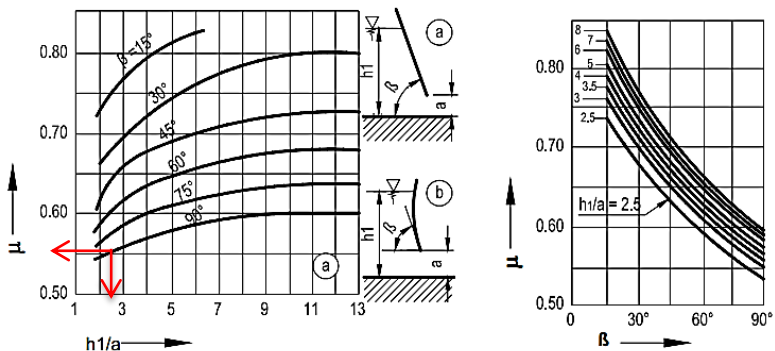
$$= 1,96$$

Kemudian dilakukan analisis nilai faktor aliran (K) dan koefisien debit ( $\mu$ ), berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Faktor Aliran (K)

Sumber: KP-04, 2010



Gambar 4.4 Koefisien Debit ( $\mu$ )

Sumber: KP-04, 2010

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, diperoleh nilai  $K = 0,85$  dan nilai  $\mu = 0,55$ . Sehingga, tinggi bukaan dikoreksi menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q &= K \times \mu \times a \times b \times \sqrt{2gh_1} & (4-6) \\ 0,942 &= 0,85 \times 0,55 \times a \times 1 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,664} \\ a &= 0,57 \text{ m} \end{aligned}$$

dimana,

$Q$  : debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$K$  : faktor aliran

$\mu$  : koefisien debit

$a$  : tinggi bukaan (m)

$b$  : lebar pintu (m)

$g$  : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h_1$  : tinggi muka air di hulu pintu (m)

Hasil perhitungan teknis disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Teknis Pintu Pengambilan

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Debit	$Q$	0,942	$\text{m}^3$
Lebar pintu	$b$	1,00	m
Tinggi bukaan	$a$	0,57	m
Keofisien debit	$\mu$	0,54	-
Faktor aliran	$K$	0,85	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.2 Perencanaan saluran pembawa

Saluran pembawa merupakan sebuah saluran yang memiliki fungsi untuk membawa dan mengarahkan aliran air dari pintu pengambilan (*intake*) menuju ke bak penenang. Saluran pembawa direncanakan berupa saluran terbuka berpenampang segi-empat, dengan bahan material berupa beton.

Data-data yang digunakan untuk perencanaan saluran pembawa diketahui sebagai berikut.

- Debit (Q) = 0,785 m<sup>3</sup>/detik
- Koefisien Manning (n) = 0,015 (material beton)
- Kemiringan saluran = 0,001

Perhitungan perencanaan saluran pembawa dijabarkan sebagai berikut. Perumusan menggunakan persamaan (4-1) sampai dengan (4-5).

$$b = 2h$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 2h \times h \\ &= 2h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 2h + 2h \\ &= 4h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{2h^2}{4h} \\ &= 0,5h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i} \\ &= \frac{1}{0,015} \times (0,5h)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,001} \\ &= 1,328h^{2/3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= v A \\ 0,785 &= 1,328h^{2/3} \times 2h^2 \end{aligned}$$

$$h = 0,633 \text{ m}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} b &= 2h \\ &= 2(0,633) \\ &= 1,266 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,633 \times 1,266 \\ &= 0,80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 1,266 + 2(0,633) \\ &= 2,54 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,80}{2,54} \\ &= 0,317 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i} \\ &= \frac{1}{0,015} \times 0,317^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,001} \\ &= 0,98 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Digunakan  $b = 1,3$  meter. Maka:

$$\begin{aligned} Q &= v A \\ 0,785 &= 0,98 \times (1,3 \times h) \\ h &= 0,62 \text{ m} \end{aligned}$$

Besarnya tinggi jagaan untuk saluran pasangan beton dengan debit sebesar  $0,5\text{-}1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$  adalah  $0,2$  meter. Sehingga tinggi saluran ( $h_{\text{saluran}}$ ) direncanakan sebesar:

$$\begin{aligned}
 h_{\text{saluran}} &= h + w \\
 &= 0,62 + 0,2 \\
 &= 0,82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan teknis saluran pembawa disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Teknis Saluran Pembawa

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Debit	Q	0,785	m <sup>3</sup> /detik
Lebar saluran	b	1,3	m
Tinggi air	h	0,62	m
Tinggi saluran	$h_{\text{saluran}}$	0,82	m
Kecepatan aliran	v	0,98	m/detik
Kemiringan saluran	i	0,001	-
Koefisien Manning	n	0,015	-
Jenis konstruksi	-	Beton	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.3 Perencanaan kantong pasir

Dalam perencanaan kantong pasir, terdapat beberapa analisis dan perhitungan yang harus dilakukan. Diantaranya adalah analisis butir sedimen, perhitungan debit sedimen, dan perhitungan dimensi kantong pasir.

##### 4.2.3.1 Analisis butir sedimen

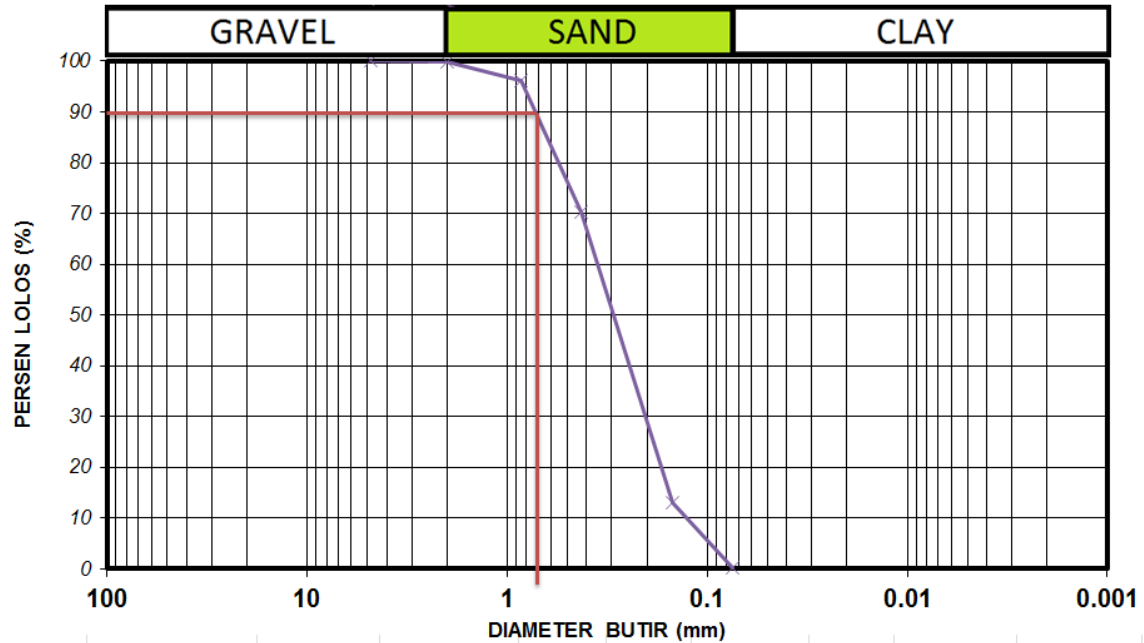
Sebelum menghitung besarnya debit sedimen dan perhitungan dimensi kantong pasir, terlebih dahulu harus diketahui karakteristik sedimen berdasarkan sampel yang telah diambil di lapangan. Karakteristik ini dapat diketahui melalui uji analisis ayakan dan uji berat jenis. Formulir uji analisis ayakan sampel sedimen dilampirkan pada Lampiran III, dan uji berat jenis pada Lampiran IV.

Dari hasil pengambilan sampel dan pengujian di laboratorium, didapatkan hasil bahwa sebagian besar sampel



sedimen berupa butir-butir pasir dengan berat jenis sebesar 2,746 ton/m<sup>3</sup>.

Grafik analisis ayakan dari sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Analisis Ayakan  
Sumber: Hasil Pengujian

#### 4.2.3.2 Perhitungan debit sedimen

Debit sedimentasi adalah jumlah partikel sedimen yang mengalir per satuan waktu. Data-data yang digunakan untuk perhitungan debit sedimen diketahui sebagai berikut.

- Berat jenis tanah ( $\gamma_s$ ) = 2,746 ton/m<sup>3</sup>
- Berat jenis air ( $\gamma$ ) = 1 ton/m<sup>3</sup>
- Diameter butir rata-rata (d) = 0,24 mm
- Diameter<sub>90%</sub> ( $d_{90}$ ) = 0,7 mm

$$\begin{aligned} Kr &= \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \\ &= \frac{26}{0,0007^{1/6}} \\ &= 89,53 \end{aligned} \quad (4-7)$$

$$\begin{aligned} Ks &= \frac{v}{R^{2/3}\sqrt{i}} \\ &= \frac{0,98}{0,317^{2/3}\sqrt{0,001}} \\ &= 66,66 \end{aligned} \quad (4-8)$$

Selanjutnya dapat dihitung debit sedimen menggunakan persamaan Meyer-Peter Muller sebagai berikut.

$$\left[ \frac{q_s(\gamma_s - \gamma)}{\gamma_s} \right]^{2/3} \left( \frac{\gamma}{g} \right)^{1/3} \frac{0,25}{(\gamma_s - \gamma)d} = \frac{(Ks/Kr)^{3/2} \gamma R S}{(\gamma_s - \gamma)d} - 0,047 \quad (4-9)$$

$$\left[ \frac{q_s(2,746 - 1)}{2,746} \right]^{2/3} \left( \frac{1}{9,81} \right)^{1/3} \frac{0,25}{(2,746 - 1)0,24} = \frac{(66,66/89,53)^{3/2} 1 \times 0,32 \times 0,001}{(2,746 - 1)0,24} - 0,047$$

$$q_s = 9,83 \times 10^{-5} \text{ ton/detik/m}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{q_s}{(\gamma_s - \gamma)} & (4-10) \\
 &= \frac{9,83 \times 10^{-5}}{(2,746 - 1)} \\
 &= 5,63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_b &= Q_s \times B & (4-11) \\
 &= 5,63 \times 10^{-5} \times 1,3 \\
 &= 7,32 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik, atau} \\
 &= 6,33 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.3.3 Perencanaan dimensi kantong pasir

Dalam menentukan dimensi kantong pasir, perlu diketahui terlebih dahulu volume kantong pasir yang dibutuhkan untuk menampung semua sedimen yang mengendap selama jangka periode pembilasan. Pembilasan dilakukan dengan menggunakan pintu pembilas yang berada pada salah satu sisi kantong pasir, sehingga partikel-partikel sedimen yang mengendap dapat dialirkan kembali menuju sungai. Dalam tugas akhir ini, periode pembilasan direncanakan selama 3 (tiga) hari sekali.

Perhitungan volume kantong pasir dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V &= Q_s \times T & (4-12) \\
 V &= 6,33 \times 3 \\
 &= 18,99 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

dimana,

V : volume kantong pasir (m<sup>3</sup>)

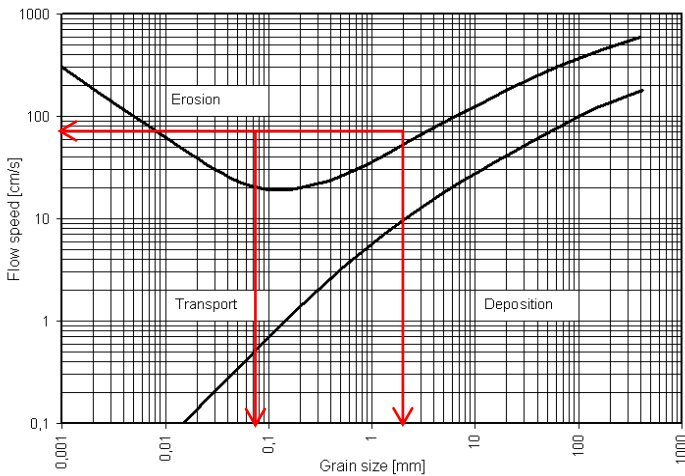
Q<sub>s</sub> : debit sedimen (m<sup>3</sup>/hari)

T : periode pembilasan (hari)

Selanjutnya, debit pembilasan diambil sebesar 120% dari besar debit rencana. Sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{bilas}} &= 120\% \times Q \\
 &= 120\% \times 0,785 \\
 &= 0,942 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}
 \tag{4-13}$$

Semua partikel sedimen yang terendapkan, harus memiliki kecepatan yang cukup untuk dapat digerakkan. Untuk itu, kecepatan bilas ditentukan berdasarkan grafik Hjulstrom pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Hjulstrom  
Sumber: Hjulstrom, 1935

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa butir sedimen dengan diameter 0,075 mm sampai dengan 2 mm dapat digerakkan dengan kecepatan bilas sebesar 70 cm/detik atau 0,7 m/detik. Maka, perhitungan dimensi kantong pasir dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\text{Tinggi bak (h)} = 1,1 \text{ m}$$

$$b = \frac{Q}{v \times h}$$

$$= \frac{0,942}{0,7 \times 1,1}$$

$$= 1,3 \text{ m}$$

$$V = b \times h \times L \quad (4-14)$$

$$18,99 = 1,3 \times 1,1 \times L$$

$$L = 13,3 \text{ m}$$

Agar pembilasan dapat dilakukan dengan baik, maka kondisi aliran harus berada pada kondisi sub kritis. Aliran dapat dikatakan berada dalam kondisi sub kritis apabila bilangan Froude-nya kurang dari 1 (satu).

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (4-15)$$

$$= \frac{0,7}{\sqrt{9,81 \times 1,1}}$$

$$= 0,21 < 1 \dots (\text{OK})$$

Hasil perhitungan teknis kantong pasir disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Teknis Kantong Pasir

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Periode pembilasan	T	3	hari
Volume	V	18,99	m <sup>3</sup>
Tinggi	h	1,1	m
Lebar	b	1,3	m
Panjang	L	13,3	m
Jenis konstruksi	-	Beton	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.4 Perencanaan bak penenang

Pada bak penenang, kecepatan aliran harus direncanakan di bawah kecepatan kritis, agar butir-butir sedimen dapat

terendapkan. Untuk menentukan kecepatan rencana pada bak penenang, harus dicari terlebih dahulu kecepatan kritis yang akan dijadikan sebagai acuan.

$$v_{cr} = a\sqrt{d} \quad (4-16)$$

dimana,

$v_{cr}$  : kecepatan kritis (m/detik)

$d$  : diameter butir (mm)

$a$  : 36 apabila  $d > 1$  mm

44 apabila  $1 \text{ mm} > d > 0,1 \text{ mm}$

51 apabila  $d < 0,1 \text{ mm}$

Karena diameter rata-rata butir adalah 0,24 mm maka nilai dari parameter  $a$  adalah 44. Sehingga,

$$\begin{aligned} v_{cr} &= 44\sqrt{0,24} \\ &= 0,22 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Besar kecepatan pada bak pengendap harus diatur sedemikian rupa sehingga berada di bawah kecepatan kritis. Maka, kecepatan pada bak direncanakan sebesar 0,15 m/detik. Sehingga, perhitungan pada perencanaan dimensi bak penenang dapat dijabarkan sebagai berikut.

Tinggi air dalam bak ( $h$ ) = 1 m

$$\begin{aligned} b &= \frac{Q}{v \times h} \\ &= \frac{0,785}{0,15 \times 1} \\ &= 5,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 5,3 \times 1 \end{aligned}$$

$$= 5,3 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} V_{\text{aktual}} &= Q / A \\ &= 0,785 / 5,3 \\ &= 0,148 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan teknis bak penenang disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Data Teknis Bak Penenang

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Lebar	b	5,3	m
Tinggi air	h	1	m
Panjang	L	13,3	m
Kecepatan	v	0,148	m/detik
Jenis konstruksi	-	Beton	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.5 Perencanaan penyaring sampah (*trashrack*)

Penyaring sampah atau *trashrack* direncanakan terbuat dari kisi-kisi baja, dengan profil bulat berdiameter 1 cm serta jarak antar profil sebesar 5 cm. Kemiringan *trashrack* diatur sebesar  $26^\circ$  dari sumbu datar.

Hasil data teknis penyaring sampah (*trashrack*) disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Data Teknis Penyaring Sampah

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Bentuk profil	-	Bulat	-
Material	-	Baja	-
Kemiringan	$\alpha$	26	derajat
Diameter profil	s	1	cm
Jarak antar profil	b	5	cm

Sumber: Hasil perhitungan



#### 4.2.6 Perencanaan pipa pesat

Pipa pesat merupakan sebuah saluran tertutup yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang menuju turbin dengan beda tinggi jatuh tertentu. Perencanaan pipa pesat meliputi perencanaan diameter dan tebal pipa, perencanaan perletakan, serta perencanaan posisi mulut pipa.

##### 4.2.6.1 Perencanaan dimensi pipa pesat

Perencanaan dimensi pada pipa pesat meliputi diameter pipa dan tebal pipa. Data-data yang digunakan untuk perencanaan dimensi pipa pesat diketahui sebagai berikut:

- Jenis pipa = baja, sambungan las
- Koefisien Manning (n) = 0,012 (berdasarkan Tabel 4.8)
- Panjang pipa (L) = 65,55 m
- Debit (Q) = 0,785 m<sup>3</sup>/detik
- Tinggi jatuh bruto = 9,738 m

Tabel 4.8 Koefisien Manning Pipa

Welded steel	0.012
Polyethylene (PE)	0.009
PVC	0.009
Asbestos cement	0.011
Ductile iron	0.015
Cast iron	0.014
Wood-stave (new)	0.012
Concrete (steel forms smooth finish)	0.014

Sumber: Penche, 1998

Selanjutnya, perhitungan diameter pipa pesat dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D &= 2,69 \left( \frac{n^2 Q^2 L}{H} \right)^{0,1875} \\
 &= 2,69 \left( \frac{0,012^2 0,785^2 65,55}{9,738} \right)^{0,1875}
 \end{aligned} \tag{4-17}$$

$$= 0,669 \text{ m}$$

dimana,

- n : koefisien Manning pipa (Tabel 4.8)  
 Q : debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )  
 L : panjang pipa (m)  
 H : tinggi jatuh (m)  
 D : diameter pipa (m)

Dikarenakan di pasaran tidak terdapat pipa baja dengan diameter sebesar 66,9 cm maka digunakan diameter pipa yang tersedia di pasaran yaitu diameter 60,96 cm dengan kualitas Grade 2 (tegangan leleh sebesar 240 MPa). Dengan asumsi bahwa angka keamanan sebesar 1,5 maka tegangan dasar pipa yang akan digunakan sebesar 160 MPa atau  $16000000 \text{ kg/m}^2$ .

Sehingga, tebal pipa pesat dapat dihitung dengan analisis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{p D}{2 \varphi \sigma} & (4-18) \\ &= \frac{(\gamma \times H) D}{2 \varphi \sigma} \\ &= \frac{(1000 \times 9,738) 0,6096}{2 \times 0,85 \times 16000000} \\ &= 0,000218 \text{ m} \\ &= 0,218 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana,

- $\delta$  : tebal pipa (m)  
 p : tegangan pipa ( $\text{kg/m}^2$ )  
 D : diameter pipa (m)  
 $\varphi$  : kekuatan sambungan las, diambil 0,85  
 $\sigma$  : tegangan dasar baja ( $\text{kg/m}^2$ )

Sedangkan, terdapat persyaratan tebal minimum untuk pipa, yaitu:

- sampai dengan diameter hingga 0,80 m                      5 mm
  - sampai dengan diameter hingga 1,50 m                      6 mm
  - sampai dengan diameter hingga 2,00 m                      7 mm
- (Patty, 1995)

Karena diameter pipa yang digunakan berukuran 0,6096 m (lebih kecil dari 0,8 m) maka digunakan tebal pipa sebesar 5 mm. Penambahan ketebalan dipilih sebesar 2 mm. Sehingga tebal total pipa pesat yang dibutuhkan sebesar 7 mm. Sehingga dipilih ketebalan yang tersedia, yaitu 7,11 mm.

Sehingga, diameter bersih dan kecepatan pada pipa dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} D_{\text{nett}} &= D - 2\delta \\ &= 609,6 - 2(7,11) \\ &= 595,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{nett}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{nett}}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,59538^2 \\ &= 0,279 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A_{\text{nett}}} \\ &= \frac{0,785}{0,279} \\ &= 2,81 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan teknis dimensi pipa pesat disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Data Teknis Dimensi Pipa Pesat

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Debit	Q	0,785	m <sup>3</sup> /detik
Tinggi jatuh bruto	H bruto	9,738	m
Panjang pipa	L	65,55	m
Diameter	D	609,6	mm
Tebal	$\delta$	7,11	m
Kecepatan aliran	v	2,81	m/detik
Jenis konstruksi	-	Pipa baja	-
Jenis sambungan	-	Las	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.6.2 Perencanaan perletakan pipa pesat

Jarak perletakan blok angker pada pipa pesat harus direncanakan sedemikian rupa agar lendutan dan tegangan yang terjadi tidak melebihi batas izin.

Jarak perletakan antar pipa pesat direncanakan sebesar 5 meter. Sehingga kontrol lendutan dan tegangan yang terjadi dapat dianalisis sebagai berikut.

##### a. Kontrol lendutan

Data-data yang digunakan untuk memperhitungkan kontrol lendutan diketahui sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar perletakan (b)} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Luas penampang bersih (A}_{\text{nett}}) &= 0,279 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= 0,6096 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa bersih (D}_{\text{nett}}) &= 0,59538 \text{ m} \\
 \text{Modulus elastisitas baja (E)} &= 2 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Batas lendutan yang diijinkan yaitu:

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{b}{360} \quad (4-19)$$

$$= \frac{5}{360}$$

$$= 0,014 \text{ m}$$

Lendutan yang terjadi saat pipa dalam kondisi penuh dapat dianalisis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{64} (D^4 - D_{\text{nett}}^4) & (4-20) \\ &= \frac{1}{64} (0,6096^4 - 0,59538^4) \\ &= 0,000194 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2 - D_{\text{nett}}^2) \times \gamma_b & (4-21) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,6096^2 - 0,59538^2) \times 7850 \\ &= 105,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_w &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{\text{nett}}^2) \times \gamma_w & (4-22) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,59538^2) \times 1000 \\ &= 278,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5}{384} \frac{q_b^4}{EI} & (4-23) \\ &= \frac{5}{384} \frac{(105,69+278,52)5^4}{(2 \times 10^{10}) \times 0,000194} \\ &= 0,00081 \text{ m} \end{aligned}$$

dimana,

$\Delta$  : lendutan yang terjadi (m)

$q_b$  : berat pipa (kg)

$q_w$	: berat air (kg)
$b$	: jarak perletakan (m)
$E$	: modulus elastisitas baja ( $\text{kg/m}^2$ )
$I$	: momen inersia ( $\text{m}^4$ )
$\gamma_b$	: berat jenis pipa ( $\text{kg/m}^3$ )
$\gamma_w$	: berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

Sehingga, dengan lendutan yang terjadi sebesar 0,00081 meter apabila dibandingkan dengan lendutan yang diijinkan sebesar 0,014 meter, maka kontrol lendutan dapat memenuhi syarat.

b. Kontrol tegangan

Data-data yang digunakan untuk memperhitungkan kontrol tegangan adalah sebagai berikut.

Tegangan baja ( $\sigma_{\text{baja}}$ )	$= 16 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$
Jarak perletakan (b)	$= 5 \text{ m}$
Berat pipa ( $q_b$ )	$= 105,69 \text{ kg}$
Berat air ( $q_w$ )	$= 278,52 \text{ kg}$

Sehingga, berat total sepanjang b meter adalah:

$$\begin{aligned}
 G &= (q_b + q_w) b & (4-24) \\
 &= (105,69 + 278,52) 5 \\
 &= 1921,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari berat yang telah diketahui, dapat dilakukan kontrol tegangan pada pipa dengan analisis sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{12} (G_s + G_w) b \cos \beta & (4-25) \\
 &= \frac{1}{12} (1921,05) 5 \times 1 \\
 &= 800,438 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\pi \delta d^2}{4} & (4-26) \\
 &= \frac{\pi \times 0,00711 \times 0,6096^2}{4} \\
 &= 2,076 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{M}{S} & (4-27) \\
 &= \frac{800,438}{2,076} \\
 &= 385,568 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

dimana,

- $\sigma$  : tegangan yang terjadi ( $\text{kg/m}^2$ )
- $M$  : momen yang terjadi ( $\text{kgm}$ )
- $S$  : momen perlawanan ( $\text{m}^3$ )
- $G$  : berat total sepanjang b meter ( $\text{kg}$ )
- $b$  : jarak perletakan (m)
- $\beta$  : sudut pipa
- $d$  : diameter pipa (m)
- $\delta$  : tebal pipa (m)

Dengan demikian, karena nilai tegangan yang terjadi pada pipa sebesar  $385,568 \text{ kg/m}^2$  lebih kecil dari tegangan ijin baja sebesar  $16000000 \text{ kg/m}^2$  maka kontrol tegangan dapat memenuhi syarat.

#### 4.2.6.3 Perencanaan posisi mulut pipa

Aliran air menuju pipa pesat apabila tidak memiliki kedalaman yang cukup akan menyebabkan adanya udara di dalam pipa. Kondisi tersebut dapat mengganggu kinerja turbin. Sehingga, ketinggian air di muka pipa harus direncanakan sedemikian rupa, untuk mencegah hal-hal tersebut.

Jarak antara tinggi muka air dengan dasar pipa disebut dengan *minimum operational level* (MOL). Perhitungan MOL dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{MOL} &= D + \frac{v^2}{2g} + H_e + H_f + H_m + H_o \quad (4-28) \\ &= 0,6096 + \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} + 0,02 + 0,613 + 0,03 + 0,298 \\ &= 1,973 \text{ m}\end{aligned}$$

dimana,

MOL : *minimum operational level* (m)

D : diameter pipa (m)

v : kecepatan aliran (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$H_e$  : kehilangan energi akibat pemasukan pipa (m)

$H_f$  : kehilangan energi akibat gesekan (m)

$H_m$  : kehilangan energi akibat belokan pipa (m)

$H_o$  : kehilangan energi akibat keluaran pipa (m)

Sehingga, kedalaman air minimum pada muka pipa pesat dihitung dari dasar pipa adalah sebesar 1,973 meter.

#### 4.2.7 Perencanaan saluran pembuang

Saluran pembuang merupakan sebuah saluran yang memiliki fungsi untuk membawa dan mengarahkan aliran air kembali ke sungai. Saluran pembuang direncanakan berupa saluran terbuka berpenampang segi-empat, dengan bahan material berupa beton.

Data-data yang digunakan untuk perencanaan saluran pembawa diketahui sebagai berikut.

- Debit (Q) =  $0,785 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Koefisien Manning (n) = 0,015 (material beton)
- Kemiringan saluran = 0,0025



Perhitungan perencanaan saluran pembuang dijabarkan sebagai berikut.

$$b = 2h$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 2h \times h \\ &= 2h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 2h + 2h \\ &= 4h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{2h^2}{4h} \\ &= 0,5h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i} \\ &= \frac{1}{0,015} \times (0,5h)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,0025} \\ &= 2,099h^{2/3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= v A \\ 0,785 &= 2,099h^{2/3} \times 2h^2 \\ h &= 0,533 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} b &= 2h \\ &= 2(0,533) \\ &= 1,066 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A = b \times h$$

$$= 0,533 \times 1,066$$

$$= 0,572 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h$$

$$= 1,066 + 2(0,533)$$

$$= 2,14 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{0,572}{2,14}$$

$$= 0,267$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$$= \frac{1}{0,015} \times 0,267^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,0025}$$

$$= 1,38 \text{ m/detik}$$

Digunakan  $b = 1,1$  meter. Maka:

$$Q = v A$$

$$0,785 = 1,38 \times (1,1 \times h)$$

$$h = 0,52 \text{ m}$$

Besarnya tinggi jagaan untuk saluran pasangan beton dengan debit sebesar  $0,5\text{-}1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$  adalah  $0,2$  meter. Sehingga tinggi saluran ( $h_{\text{saluran}}$ ) direncanakan sebesar:

$$h_{\text{saluran}} = h + w$$

$$= 0,52 + 0,2$$

$$= 0,72 \text{ m}$$

Hasil perhitungan teknis saluran pembuang disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Data Teknis Saluran Pembuang

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Debit	Q	0,785	m <sup>3</sup> /detik
Lebar saluran	b	1,1	m
Tinggi air	h	0,52	m
Tinggi saluran	h <sub>saluran</sub>	0,72	m
Kecepatan aliran	v	1,38	m/detik
Kemiringan saluran	i	0,0025	-
Koefisien Manning	n	0,015	-
Jenis konstruksi	-	Beton	-

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.3 Analisis Tinggi Jatuh Efektif

Untuk mengetahui tinggi jatuh efektif, sebelumnya perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terkait jumlah kehilangan energi yang terjadi.

Kehilangan energi terjadi terdapat pada 3 (tiga) kondisi, seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.4, yaitu akibat pemasukan, akibat penyaring sampah (*trashrack*), dan akibat gesekan sepanjang pipa pesat.

#### 4.3.1 Kehilangan energi akibat pemasukan

Pada pintu pengambilan (*intake*), jenis pemasukan direncanakan berupa pemasukan halus. Data-data yang diketahui untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada pintu adalah sebagai berikut.

Jenis pemasukan                   = halus  
Kecepatan aliran (v)           = 3,61 m/detik

Sehingga, besarnya kehilangan energi dapat dihitung sebagai berikut.

$$H_e = K \frac{v^2}{2g} \quad (4-29)$$

$$= 0,05 \frac{3,61^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,033 \text{ m}$$

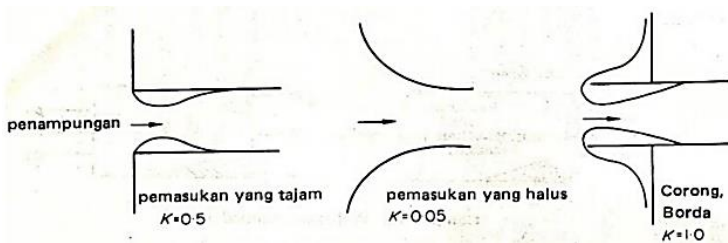
dimana,

He : kehilangan energi (m)

K : koefisien kehilangan energi (Gambar 4.7)

v : kecepatan aliran (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )



Gambar 4.7 Koefisien Kehilangan Energi Akibat Pemasukan  
Sumber: Dake, 1985

#### 4.3.2 Kehilangan energi akibat penyaring sampah

Data-data yang diketahui untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada penyaring sampah adalah sebagai berikut.

Jenis profil	= bulat
Diameter profil (s)	= 1 cm
Jarak profil (b)	= 5 cm
Kecepatan aliran (v)	= 0,208 m/detik
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	= $26^\circ$

Sehingga, besarnya kehilangan energi akibat penyaring sampah dapat dihitung sebagai berikut.

$$H_r = \varphi \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \quad (4-30)$$

$$= 1,79 \left( \frac{0,01}{0,05} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{0,208^2}{2 \times 9,81} \sin 26$$

$$= 0,000202 \text{ m}$$

dimana,

He : kehilangan energi akibat *trashrack* (m)

$\phi$  : koefisien profil (Tabel 4.11)

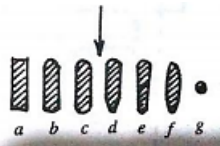
s : ukuran profil (m)

b : jarak antar profil (m)

v : kecepatan aliran (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$\alpha$  : sudut kemiringan



Gambar 4.8 Jenis-jenis Profil Saringan

Sumber: Patty, 1995

Tabel 4.11 Koefisien Profil

Profil	a	b	c	d	e	f	g
$\phi$	2,42	1,83	1,67	1,03	0,92	0,76	1,79

Sumber: Patty, 1995

#### 4.3.3 Kehilangan energi akibat gesekan pipa

Data-data yang telah diketahui untuk menghitung besarnya kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa pesat adalah sebagai berikut.

Material pipa = baja las

Panjang pipa (L) = 65,55 m

Diameter nett pipa (D) = 0,59538 m

Kecepatan aliran ( $v$ ) = 2,81 m/detik

Sedangkan, salah satu parameter yang belum diketahui yaitu faktor gesek ( $f$ ). Nilai faktor gesek dapat diketahui melalui Diagram Moody.

Sebelum itu, dihitung terlebih dahulu nilai bilangan Reynolds dan angka kekasaran relatif.

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{DV}{\vartheta} & (4-31) \\ &= \frac{0,59538 \times 2,81}{0,893 \times 10^{-6}} \\ &= 1873480 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{e}{D} & (4-32) \\ &= \frac{0,6}{0,59538} \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

dimana,

Re : bilangan Reynolds  
 R : angka kekasaran relatif  
 D : diameter nett pipa (m)  
 v : kecepatan aliran (m/detik)  
 $\vartheta$  : viskositas kinematis air (m<sup>2</sup>/detik)  
 e : tinggi kekasaran (Tabel 4.12)

Dengan bilangan Reynolds sebesar 1873480 dan angka kekasaran relatif sebesar 0,001, melalui Diagram Moody pada Gambar 4.9 didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,02.

Sehingga, besarnya kehilangan energi akibat gesekan pipa dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 H_f &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} & (4-33) \\
 &= 0,02 \frac{65,55}{0,59538} \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,613 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dimana,

$H_f$  : kehilangan energi akibat gesekan (m)

$f$  : koefisien kehilangan energi

$L$  : panjang pipa (m)

$D$  : diameter pipa (m)

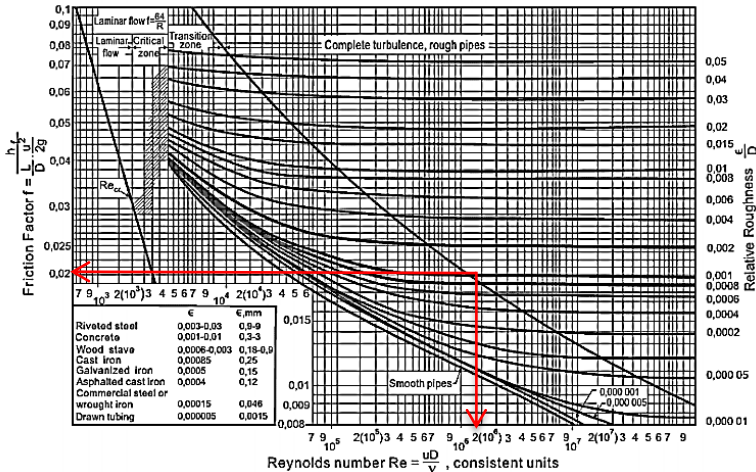
$v$  : kecepatan aliran (m/detik)

$g$  : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

Tabel 4.12 Variasi Nilai e

Pipe material	e(mm)
Polyethylene	0,003
Fiberglass with epoxy	0,003
Seamless commercial steel (new)	0,025
Seamless commercial steel (light rust)	0,250
Seamless commercial steel (galvanised)	0,150
Welded steel	0,600
Cast iron (enamel coated)	0,120
Asbestos cement	0,025
Wood stave	0,600
Concrete (steel forms, with smooth joints)	0,180

Sumber: Penche, 1998



Gambar 4.9 Diagram Moody

Sumber: Penche, 1998

#### 4.3.4 Kehilangan energi akibat pemasukan pipa

Pada pemasukan pipa pesat, jenis pemasukan direncanakan berupa pemasukan halus. Data-data yang diketahui untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada pemasukan pipa pesat adalah sebagai berikut.

Jenis pemasukan = halus  
 Kecepatan aliran ( $v$ ) = 2,81 m/detik

Sehingga, besarnya kehilangan energi dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 H_e &= K \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,05 \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{4-34}$$



dimana,

He : kehilangan energi akibat pemasukan pipa (m)

K : koefisien kehilangan energi (Gambar 4.7)

v : kecepatan aliran (m/detik)

g : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

#### 4.3.5 Kehilangan energi akibat belokan pipa

Pada gambar perencanaan, terdapat 2 (dua) belokan pada pipa pesat yang menyebabkan kehilangan energi. Kehilangan energi pada belokan ini dapat dihitung sebagai berikut.

##### a. Belokan 1

Diameter pipa = 0,59538 m

Radius belokan (R) = 3 m

Sudut belokan ( $\theta$ ) =  $9^\circ$

$$\begin{aligned} f_1 &= \left[ 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (4-35) \\ &= \left[ 0,131 + 1,847 \frac{0,59538^{3,5}}{2(3)} \right] \left( \frac{9}{90} \right)^{0,5} \\ &= 0,042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hm_1 &= f \frac{v^2}{2g} \quad (4-36) \\ &= 0,042 \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

##### b. Belokan 2

Diameter pipa = 0,59538 m

Radius belokan (R) = 3 m

Sudut belokan ( $\theta$ ) =  $6^\circ$

$$\begin{aligned}
 f_2 &= \left[ 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \\
 &= \left[ 0,131 + 1,847 \frac{0,59538^{3,5}}{2(3)} \right] \left( \frac{6}{90} \right)^{0,5} \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Hm_2 &= f \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,034 \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga, total kehilangan yang terjadi pada belokan pipa adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 Hm &= Hm_1 + Hm_2 \\
 &= 0,02 + 0,01 \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dimana,

$Hm$  : kehilangan energi akibat belokan (m)

$f$  : koefisien kehilangan energi

$v$  : kecepatan aliran (m/detik)

$g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$D$  : diameter pipa (m)

$R$  : radius belokan (m)

$\theta$  : sudut belokan (derajat)

#### 4.3.6 Kehilangan energi akibat keluaran

Kehilangan energi akibat keluaran atau outlet pada pipa pesat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Ho &= K \frac{v^2}{2g} & (4-37) \\
 &= 1 \frac{2,81^2}{2 \times 9,81}
 \end{aligned}$$

$$= 0,298 \text{ m}$$

dimana,

$H_o$  : kehilangan energi akibat keluaran pipa (m)

$K$  : koefisien kehilangan energi ( $K=1$ )

$v$  : kecepatan aliran (m/detik)

$g$  : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

#### 4.3.7 Perhitungan tinggi jatuh efektif

Dengan elevasi muka air pada pintu pengambilan sebesar +233,164 m serta memperhatikan kehilangan energi yang terjadi sepanjang pintu pengambilan hingga penyangkai sampah yang telah dihitung pada subbab 4.3.1 dan subbab 4.3.2, maka elevasi muka air pada hulu pipa pesat adalah sebesar +233,033 m. Sehingga posisi mulut pipa berada pada elevasi +231,06 m, sesuai dengan *minimum operational level* (MOL) yang telah dihitung pada subbab 4.2.6.3.

Dari perhitungan pada subbab 4.3.3 sampai dengan subbab 4.3.6 dapat diambil kesimpulan bahwa total kehilangan energi yang terjadi dimulai dari hulu pipa pesat hingga outlet pipa yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} H \text{ losses} &= H_e + H_f + H_m + H_o \\ &= 0,02 + 0,613 + 0,01 + 0,298 \\ &= 0,961 \text{ m} \end{aligned}$$

Total kehilangan energi yang terjadi ini harus dibandingkan dengan syarat maksimum kehilangan energi yang diijinkan, yaitu sebesar:

$$\begin{aligned} H \text{ losses max} &= 10\% \times H \text{ bruto} & (4-38) \\ &= 10\% \times 9,738 \\ &= 0,9738 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, besar kehilangan energi yang terjadi sebesar 0,961 masih kurang dari besar kehilangan

energi maksimum yaitu 0,9738. Sehingga, desain perencanaan dapat diterima. Maka, tinggi jatuh efektif yang diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned} H_{\text{netto}} &= H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \\ &= 9,738 - 0,961 \\ &= 8,777 \text{ m} \end{aligned}$$

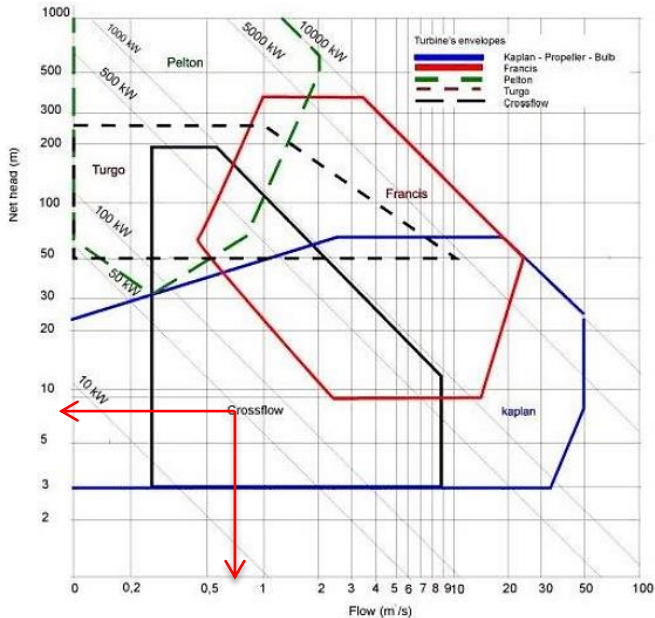
#### **4.4 Perhitungan Potensi Tenaga Air**

Untuk dapat memperhitungkan besarnya potensi daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan, terlebih dahulu harus ditentukan jenis turbin yang akan digunakan beserta nilai efisiensinya. Analisis pemilihan jenis turbin dan efisiensinya dapat dilihat pada subbab 4.4.1.

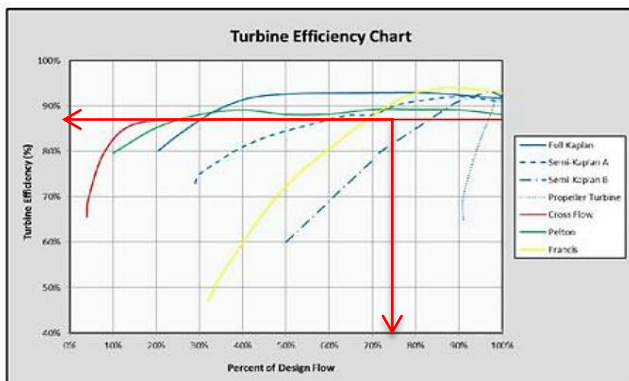
##### **4.4.1 Pemilihan jenis turbin**

Dalam pemilihan jenis turbin, digunakan Grafik Pemilihan Turbin pada Gambar 4.10. Dengan debit andalan sebesar  $0,785 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan tinggi jatuh efektif sebesar 8,777 meter, dapat diperoleh bahwa jenis turbin yang dapat dipilih yaitu turbin *Crossflow* atau turbin Kaplan.

Dengan mempertimbangkan beberapa faktor, penulis memilih turbin *crossflow* sebagai turbin rencana yang akan dipakai. Dengan terpilihnya turbin *crossflow* serta presentase debit andalan 75%, maka melalui Gambar 4.11 didapatkan efisiensi turbin sebesar 87%.



Gambar 4.10 Grafik Pemilihan Turbin  
Sumber: Penche, 1998



Gambar 4.11 Grafik Pemilihan Turbin  
Sumber: The Colorado Energy Office, 2015

#### 4.4.2 Perhitungan kapasitas daya listrik

Sehingga, berdasarkan data-data hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, dapat dihitung besarnya kapasitas daya yang dihasilkan, yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P_{75} &= g \times H \text{ netto} \times Q_{75\%} \times \eta \\ &= 9,81 \times 8,777 \times 0,785 \times 0,87 \\ &= 58,8 \text{ kW} \end{aligned} \quad (4-39)$$

$$\begin{aligned} P_{80} &= g \times H \text{ netto} \times Q_{80\%} \times \eta \\ &= 9,81 \times 8,777 \times 0,2 \times 0,87 \\ &= 15 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Perhitungan energi listrik

Maka, besarnya energi listrik yang dapat dihasilkan per jam adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 + E_3 \\ &= (75\% \times P_{75}) + \frac{(80\% - 75\%)(P_{75} + P_{80})}{2} + \frac{(100\% - 80\%)P_{80}}{2} \\ &= (75\% \times 58,8) + \frac{(80\% - 75\%)(58,8 + 15)}{2} + \frac{(100\% - 80\%)15}{2} \\ &= 48,94 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Sehingga, energi listrik yang dapat dihasilkan per hari dan per tahun adalah:

$$\begin{aligned} E &= 48,94 \times 24 \\ &= 1174,56 \text{ kWh per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 48,94 \times 24 \times 365 \\ &= 428714,4 \text{ kWh per tahun} \end{aligned}$$

#### 4.5 Analisis Kebutuhan Energi Listrik

Kebutuhan energi listrik pada lokasi studi bergantung pada komponen atau peralatan yang digunakan dalam

kesehariannya. Analisis kebutuhan energi listrik lokasi studi dijabarkan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Kebutuhan Energi Listrik

Komponen	Daya	Jumlah	Durasi	Energi
-	<i>watt</i>	<i>buah / set</i>	<i>jam</i>	<i>kWh</i>
MAYOR				
Penerangan jalan umum	100	20	12	24
Lampu LED	10	32	12	3.84
Pompa air kolam	1200	1	1	1.2
Pompa air	350	12	3	12.6
MINOR				
Lampu hias	10	5	12	0.6
Televisi	70	1	8	0.56
Lemari es	80	5	24	9.6
Stop kontak	8	20	20	3.2
Kipas angin	60	5	12	3.6
Sound system	100	1	8	0.8
TOTAL				60

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.13, dapat diketahui bahwa kebutuhan energi listrik per hari pada lokasi studi adalah sebesar 60 kWh. Dimana, angka ini masih berada di bawah angka kapasitas energi yang dapat dihasilkan oleh PLTMH, yaitu sebesar 1174,56 kWh per hari. Sehingga, PLTMH Sungai Landean dapat mencukupi kebutuhan listrik pada lokasi studi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari pengerjaan tugas akhir ini dari awal hingga selesai, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Debit yang dapat dimanfaatkan yaitu sebanyak 0,785 m<sup>3</sup>/detik dengan presentase peluang kejadian sebesar 75%.
2. Tinggi jatuh efektif yang dapat dimanfaatkan adalah sebesar 8,777 meter.
3. Dimensi pintu pengambilan (*intake*) yang telah didapatkan yaitu:
  - tinggi bukaan (a) = 0,57 m
  - lebar pintu (b) = 1 m
4. Dimensi saluran pembawa yang telah didapatkan yaitu:
  - lebar saluran (b) = 1,3 m
  - tinggi air (h) = 0,62 m
  - tinggi saluran ( $h_{sal}$ ) = 0,82 m
  - kemiringan (i) = 0,001
  - jenis konstruksi = beton
5. Dimensi kantong pasir yang telah didapatkan yaitu:
  - lebar kantong (b) = 1,3 m
  - tinggi kantong (h) = 1,1 m
  - panjang kantong (L) = 13,3 m
  - jenis konstruksi = beton
6. Dimensi bak penenang yang telah didapatkan yaitu:
  - lebar bak (b) = 5,3 m
  - tinggi air bak (h) = 1 m
  - panjang bak (L) = 13,3 m
  - jenis konstruksi = beton
7. Dimensi pipa pesat yang telah didapatkan yaitu:
  - diameter luar pipa (D) = 609,6 mm



- tebal pipa ( $\delta$ ) = 7,11 mm
  - panjang pipa (L) = 65,55 m
  - jarak antar perletakan = 5 m
  - jenis konstruksi = baja las
8. Dimensi saluran pembuang yang telah didapatkan yaitu:
    - lebar saluran = 1,1 m
    - tinggi air (h) = 0,52 m
    - tinggi saluran ( $h_{sal}$ ) = 0,72 m
    - kemiringan (i) = 0,0025
    - jenis kontruksi = beton
  9. Berdasarkan debit dan besar tinggi jatuh yang diperoleh, maka turbin yang cocok digunakan adalah turbin tipe *crossflow*.
  10. Kapasitas potensi daya yang dapat dihasilkan adalah sebesar 58,8 kW, dengan total energi per hari sama dengan 1174,56 kWh atau 428714,4 kWh per tahun.
  11. Total jumlah kebutuhan energi listrik pada lokasi studi sebesar 60 kWh per hari.
  12. Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa Sungai Landean sebagai sumber PLTMH dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada lokasi studi.

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat mendukung tercapainya hasil yang lebih baik dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pengamatan debit secara rutin dengan jangka waktu yang lebih lama, agar didapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan observasi berkaitan dengan penggunaan listrik di lokasi studi, sehingga dapat dilakukannya pembagian distribusi listrik beserta analisis ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. 1959. **Open Channel Hydraulics**. Chicago: McGraw-Hill. Diterjemahkan Nensi Rosalia. 1989. Jakarta: Erlangga.
- Dake, Jonas M.K. 1972. **Essentials of Engineering Hydraulics**. Michigan: Wiley Interscience. Diterjemahkan Endang Pipin dan Yan Piter. 1985. Jakarta: Erlangga.
- Hjulstrom, Filip. 1935. Studies of the Morphological Acitivity of Rivers as Illustrated by the River Fyris. **Dissertation**. Sweden: Uppsala University.
- Kamiana, I.M. 2011. **Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Patty, O.F. 1995. **Tenaga Air**. Jakarta: Erlangga.
- Penche, Celso. 1998. **Layman's Guidebook On How To Develop a Small Hydro Site**. Belgia: Directorate General for Energy.
- Standar Nasional Indonesia. **SNI 03-2847-2002**. BSN, Jakarta.
- Standar Perencanaan Irigasi. **KP-02**. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Standar Perencanaan Irigasi. **KP-04**. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sularso dan Haruo Tahara. 2000. **Pompa dan Kompresor**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- The Small Hydropower Handbook, Colorado Energy Office, Colorado.

Venard dan Street. 1975. **Elementary Fluid Mechanics**. New York: Wiley.

Yang, C.T. 1996. **Sediment Transport: Theory and Practice**. Singapore: McGraw-Hill.

## **LAMPIRAN I**



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAI LANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

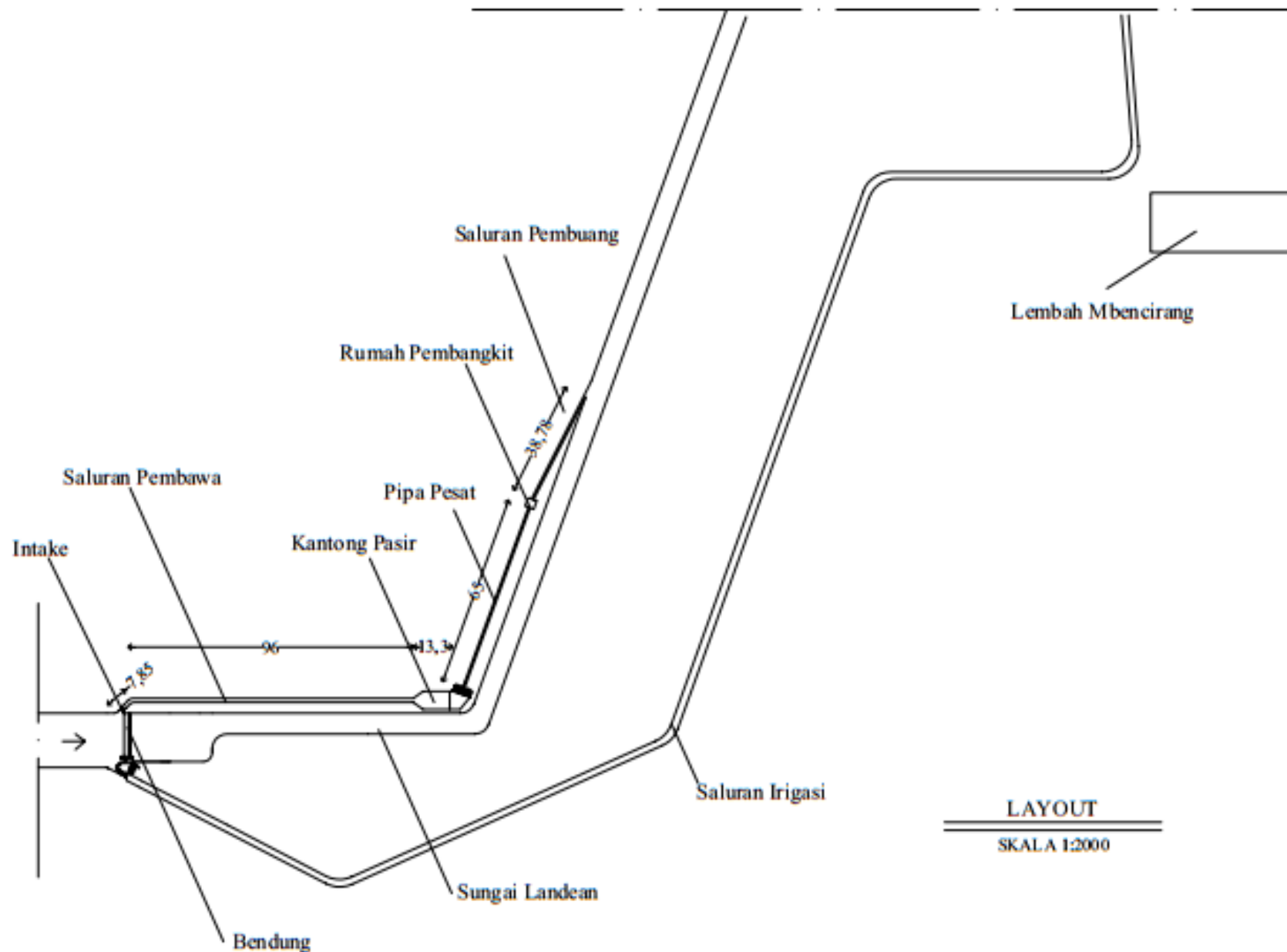
LAYOUT

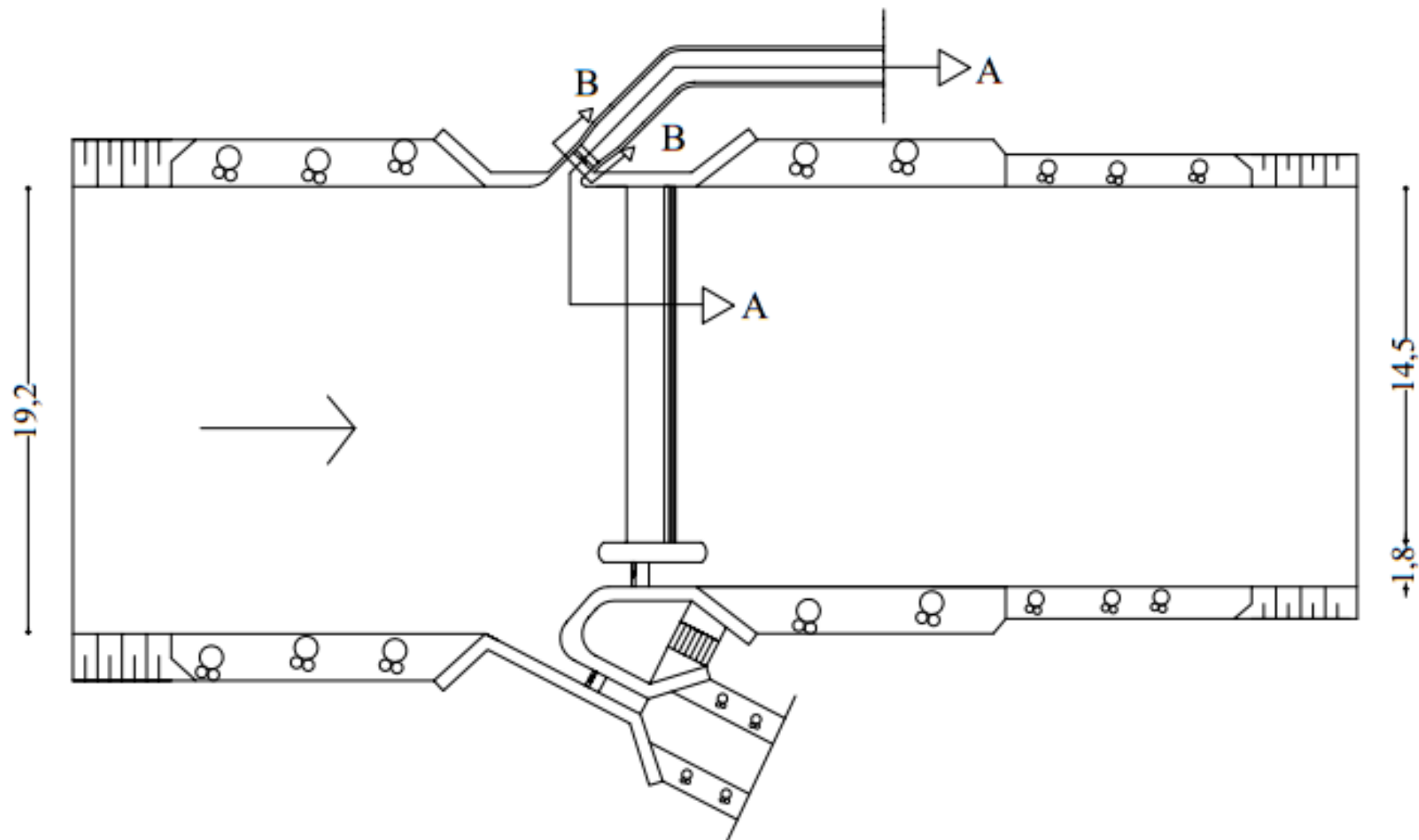
SKALA GAMBAR

1:2000

NOMOR/JUMLAH HALAMAN

1





**DENAH INTAKE**

SKALA 1:250



KURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAI LANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir.WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

DENAH INTAKE

SKALA GAMBAR

1:250

NOMOR/JUMLAH HALAMAN

2



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAILANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir.WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

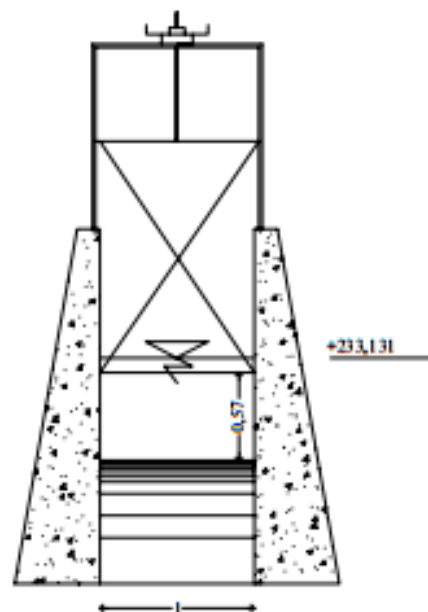
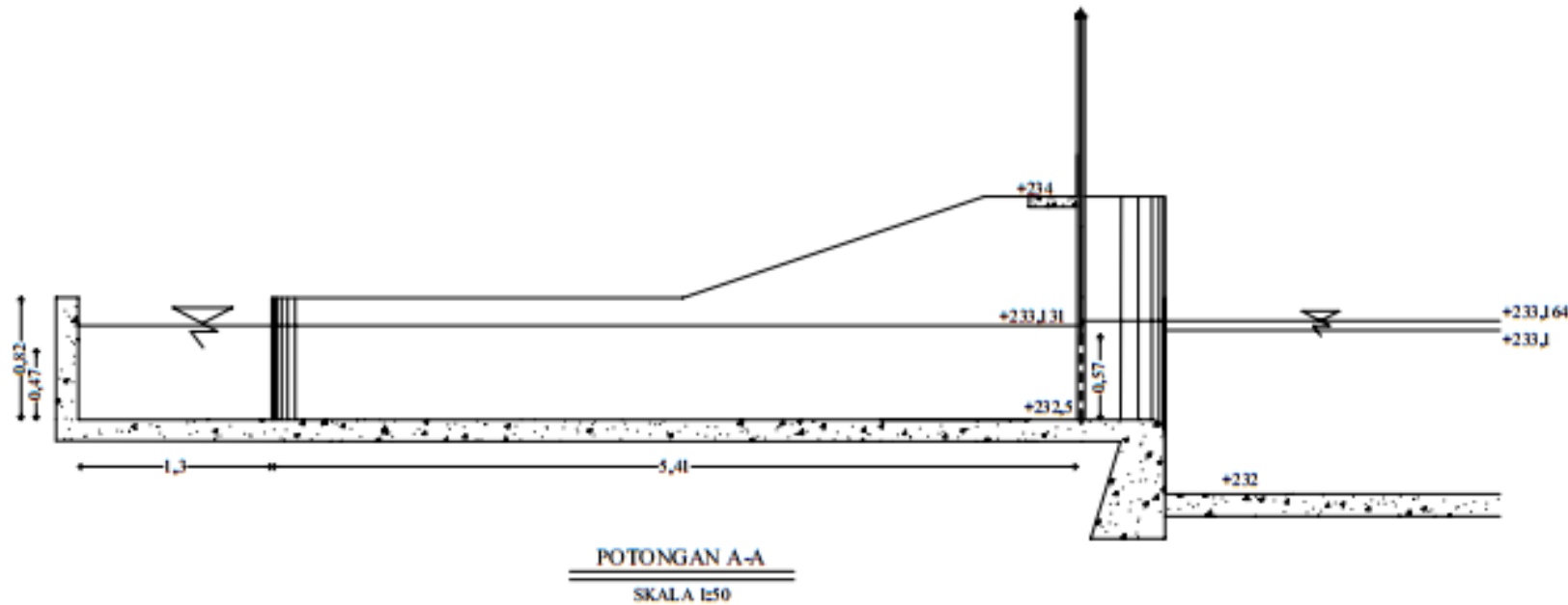
POTONGAN A-A DAN B-B

SKALA GAMBAR

1:50

NOMOR/JUMLAH HALAMAN

3





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAI LANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

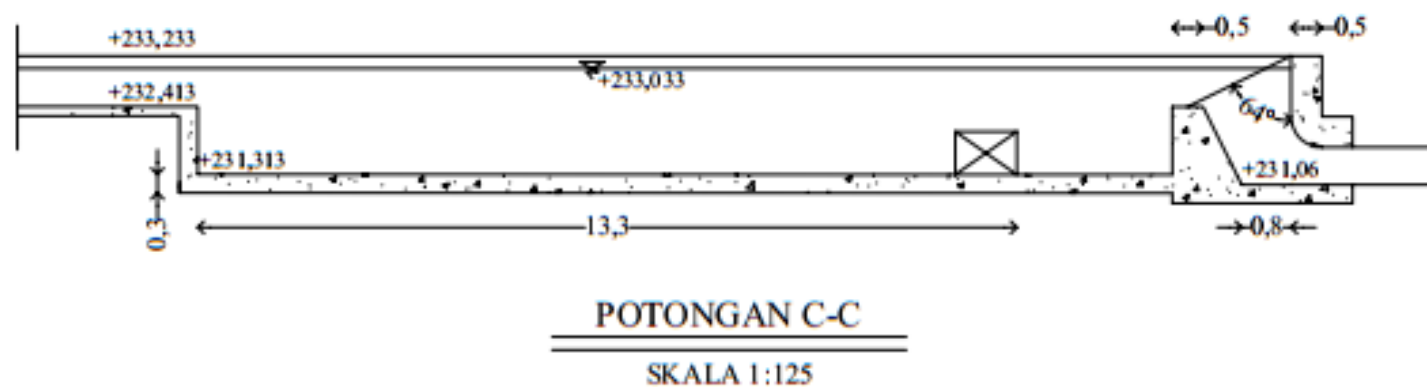
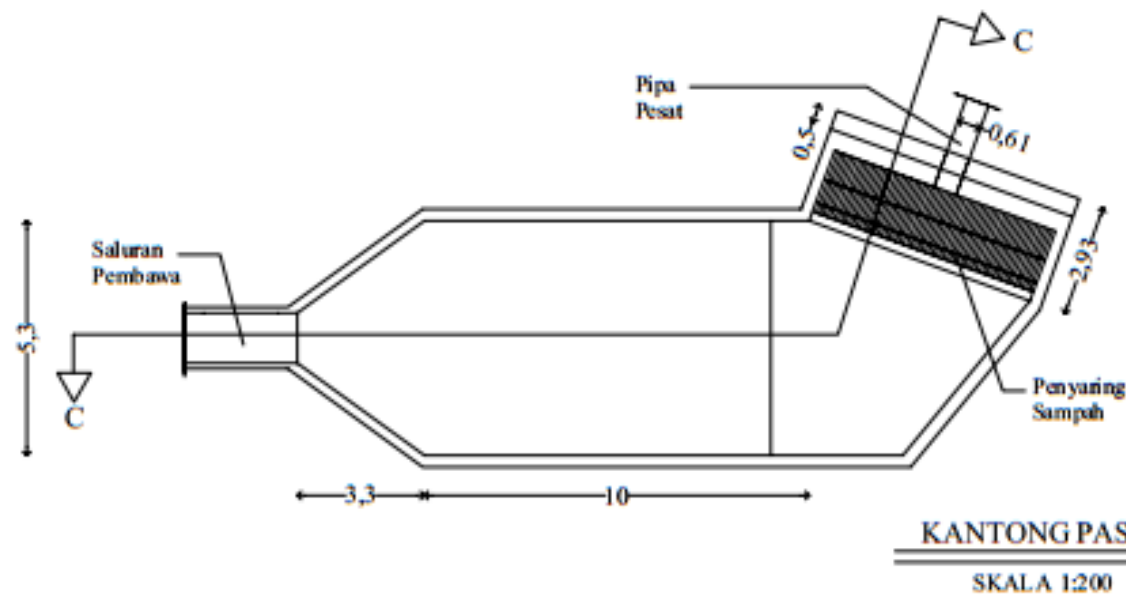
Dr.Ir. WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

NOMOR/JUMLAH HALAMAN

4







JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAI LANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir.WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

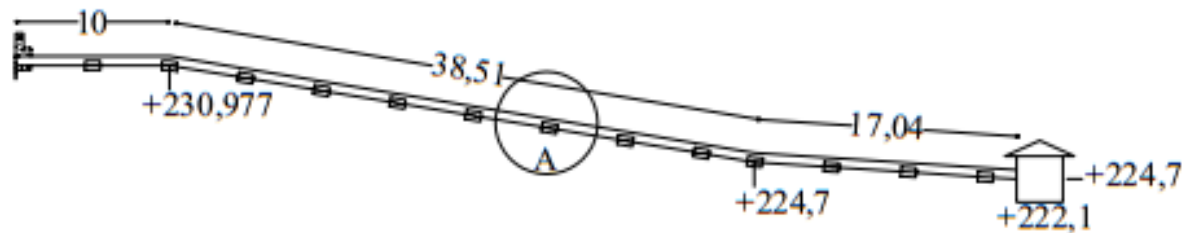
-

SKALA GAMBAR

-

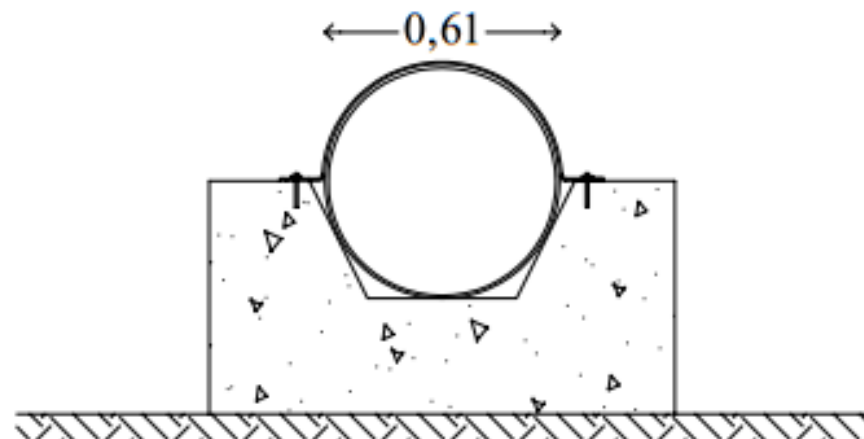
NOMOR/JUMLAH HALAMAN

5



POTONGAN MEMANJANG PIPA

SKALA 1:500



DETAIL A

SKALA 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

### JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA POTENSI SUNGAILANDEAN  
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKRO HIDRO-BAGI WISATA  
LEMBAH MBENCIRANG DI  
KECAMATAN GONDANG KABUPATEN  
MOJOKERTO

NAMA MAHASISWA

WINDI ASTUTI

NRP MAHASISWA

03111440000110

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir.WASIS WARDOYO,M.Sc

NAMA GAMBAR

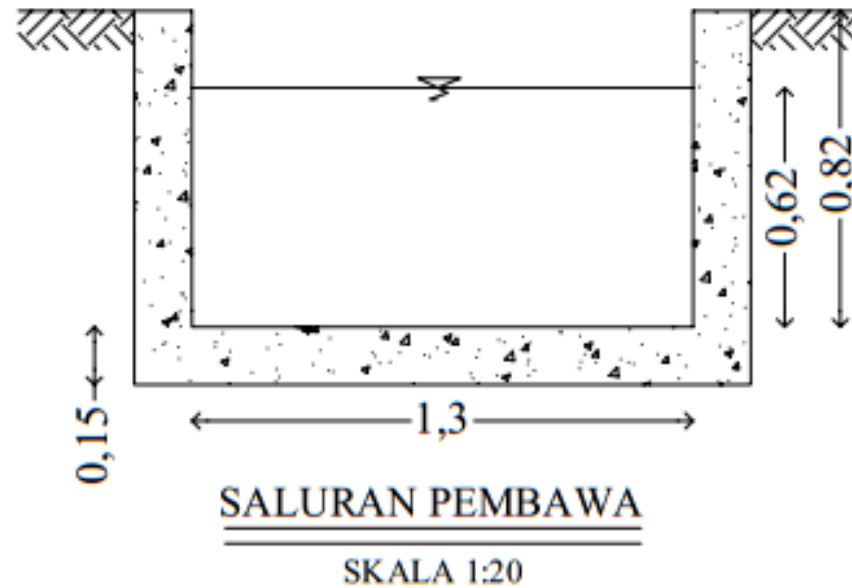
-

SKALA GAMBAR

-

NOMOR/JUMLAH HALAMAN

6



## **LAMPIRAN II**

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN

CABANG DINAS

DINAS

JANUARI 2012

DPT. PUGERAN

MJOAOKTO

Laporan bulanan

Formulir 09 - E

Cabang Dinas Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung lokasi	Kebupaten	DEBIT RATA-RATA 10 h (m <sup>3</sup> /det)			KETERANGAN
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
K. KIDAK	BENDUNG DAM TEKALANG	Banjir Max				L. total bendung L. off bendung L. 8-60 M
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	933	1445	1173	
		Intake Kiri	50	50	49	
		Intake Kanan	118	17	18	
		Jumlah Debit	1101	1519	1240	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
K. GALUH	BENDUNG DAM DUKUH	Sore				L. total bendung L. off bendung L. 16 M.
		Pagi	2212	2858	2618	
		Intake Kiri	50	60	60	
		Intake Kanan	10	8	9	
		Jumlah Debit	2292	2926	2687	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	2951	3054	3630	
K. LAMPARAN	BENDUNG KUTIL	Intake Kiri				L. total bendung L. off bendung L. 14-60 M.
		Intake Kanan	62	29	81	
		Jumlah Debit	3012	3128	3791	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				L. total bendung L. off bendung
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN  
 BULAN TAHUN : PEBUKARI 2019  
 CABANG DINAS : UPT. PUGERAN  
 DINAS : MOJOKERTO

Laporan bulanan  
 Formulir 09 - E  
 Cabang Dinas - Cilmas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Kwadran	DEBIT RATA-RATA 10 h (m <sup>3</sup> /det)			KETERANGAN
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
<u>K. KUDAK</u>	<u>limpahan DAM</u> <u>TERMALANG</u>	Banjir Max				L total bendung
		(Puncak) Q				L ell bendung
		Sore				L. 8.60 M.
		Pagi	1636	8300	3192	
		Intake Kiri	Pagi	33	21	
		Intake Kanan	Pagi	-	-	
		Jumlah Debit	Pagi	1668	3221	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L total bendung
		(Puncak) Q				L ell bendung
<u>K. GALUH</u>	<u>limpahan DAM</u> <u>DUKUH</u>	Sore				L. 16 M.
		Pagi	34	165	777	
		Intake Kiri	Pagi	50	50	
		Intake Kanan	Pagi	7	7	
		Jumlah Debit	Pagi	33	124	
		Kadar Sedimen (%)				L. 14.50 M.
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	1202	1365	2670	
<u>K. LANDAAN</u>	<u>limpahan DAM</u> <u>REDUNG KUTIK</u>	Intake Kiri	Pagi	-	-	L total bendung
		Intake Kanan	Pagi	147	1218	
		Jumlah Debit	Pagi	1643	5578	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L total bendung
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			L total bendung
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L total bendung
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			L ell bendung
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN

: Mei 2019

UPT

: Pugeran

DINAS PU

: Mojokerto

Laporan bulanan

Formulir 09-E

Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Kedaaan	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Klorak	Dam Umpasan Tromelang	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				L. 28 M
		Pagi	933	1145	1173	
		Intake Kiri	50	50	19	
		Intake Kanan	16	17	18	
		Jumlah Debit	100	1510	1240	
		Kadar Sedimen ( % )				
Galoh	Dam Ilmpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				L. 8.60 M
		Pagi	2919	2958	2618	
		Intake Kiri	50	60	55	
		Intake Kanan	16	8	9	
		Jumlah Debit	2999	3926	2682	
		Kadar Sedimen ( % )				
landean	Dam Umpasan kedungkutll	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	2851	3059	3630	
		Intake Kiri				
		Intake Kanan	62	73	81	
		Jumlah Debit	3013	3138	3721	
		Kadar Sedimen ( % )				
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen ( % )				
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen ( % )				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN  
 BULAN TAHUN : April 2019  
 UPT : Pugeran  
 DINAS PU : Mojokerto

Laporan bulanan  
 Formulir 09-E  
 Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Klorak	Dam Limpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				L 2.8 M
		Pagi	311	8120	496	
		Intake Kiri	Pagi	28	39	
		Intake Kanan	Pagi	13	14	
		Jumlah Debit	Pagi	352	851	
		Kadar Sedimen	( % )			
Galoh	Dam Limpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				L 8.60 M
		Pagi	240	1000	493	
		Intake Kiri	Pagi	11	12	
		Intake Kanan	Pagi	9	9	
		Jumlah Debit	Pagi	240	1051	
		Kadar Sedimen	( % )			
Janduran	Dam Limpasan kedungkutli	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	2951	3059	3630	
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi	62	79	
		Jumlah Debit	Pagi	3013	3138	
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN  
 BULAN TAHUN : Mei 2017  
 UPT : Pugeran  
 DINAS PU : Mojokerto

Laporan bulanan  
 Formulir 09-E  
 Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Gorak	Dam Limpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	316	388	110	L . 28 M
		Intake Kiri	Pagi	36	31	10
		Intake Kanan	Pagi	12	13	15
		Jumlah Debit	Pagi	364	115	535
		Kadar Sedimen	( % )			
	Dam Limpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	1783	1718	2305	L . 8.60 M
		Intake Kiri	Pagi	47	18	50
		Intake Kanan	Pagi	21	15	15
		Jumlah Debit	Pagi	1744	1781	2370
		Kadar Sedimen	( % )			
	Dam Limpasan kedungkutil	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	2951	3059	3630	
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi	62	73	91
		Jumlah Debit	Pagi	3013	3138	3921
		Kadar Sedimen	( % )			
Galoh		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
landean		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			



DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN

: Juni 2017

UPT

: Poperan

DINAS PU

: Mojokerto

Laporan bulanan

Formulir 09-E

Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Klorak	Dam Limpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	1250	1124	823	L 28 M
		Intake Kiri	45	47	40	
		Intake Kanan	15	10	13	
		Jumlah Debit	1280	1186	885	
		Kadar Sedimen (%)				
	Dam Limpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	622	477	615	L 8.60 M
		Intake Kiri	75	84	81	
		Intake Kanan	9	29	8	
		Jumlah Debit	706	600	704	
		Kadar Sedimen (%)				
Galoh	Dam Limpasan kedungkutill	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	404	745	803	
		Intake Kiri	-	-	-	
		Intake Kanan	404	418	458	
		Jumlah Debit	1613	1203	1351	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				
landean		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN

: Mei 2017

UPT

: Pugeran

DINAS PU

: Mojokerto

Laporan bulanan

Formulir 09-E

Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Kondasi	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Klorak	Dam Umpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				L 28 M
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi	13	12	
		Intake Kanan	Pagi	11	11	
		Jumlah Debit	Pagi	54	53	
Galoh	Dam Umpasan Gero	Kadar Sedimen	( % )			L Total Bendung
		Banjir Max				
		( Puncak ) Q				
		Sore				
		Pagi	36			L 8.60 M
		Intake Kiri	Pagi	42	45	
		Intake Kanan	Pagi	7	7	
landean	Dam Umpasan kedungkutli	Jumlah Debit	Pagi	49	52	
		Kadar Sedimen	( % )			L Total Bendung
		Banjir Max				
		( Puncak ) Q				
		Sore				L Elf Bendung
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi	62	74	L Total Bendung
		Jumlah Debit	Pagi	62	70	
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			L Total Bendung
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Elf Bendung
		( Puncak ) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			L Total Bendung
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen	( % )			
		Banjir Max				L Elf Bendung
		( Puncak ) Q				
		Sore				
		Pagi				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN : April 2017

CABANG DINAS : UPT. PUGERAN

DINAS : Mojokerto

Laporan bulanan

Formulir 09 - E

Cabang Dinas : Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	DEBIT RATA-RATA 10 h (m <sup>3</sup> /det)			KETERANGAN
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
<u>K. KLOKAR</u>	<u>Empasan DAM</u> <u>TEKNALANG</u>	Banjir Max				L. total bendung L. off bendung  L. 8.60 M
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	321	202	485	
		Intake Kiri	Pagi	46	45	
		Intake Kanan	Pagi	11	12	
		Jumlah Debit	Pagi	848	264	
<u>K. GALUSI</u>	<u>Empasan DAM</u> <u>KUTIL</u>	Kadar Sedimen (%)				L. total bendung L. off bendung  L. 16 M.
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	42	22	22	
		Intake Kiri	Pagi	12	28	
		Intake Kanan	Pagi	2	2	
<u>K. LANDEAN</u>	<u>Empasan DAM</u> <u>BEDUNG KUTIL</u>	Jumlah Debit	Pagi	121	112	L. total bendung L. off bendung  L. 14.50 M.
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	1559	1285	222	
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi	491	474	L. total bendung L. off bendung
		Jumlah Debit	Pagi	2050	1759	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			L. total bendung L. off bendung
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				L. total bendung L. off bendung
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

WILAYAH TAHUN : Sepren 2017  
 CABANG DINAS : UPT. PUGERAN  
 DINAS : MOJOKERTO

Laporan bulanan  
 Formulir 09 - E  
 Cabang Dinas : Cilimus

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Kondisi	DEBIT RATA-RATA 10 h (m <sup>3</sup> /det)			KETERANGAN
			I	II	III	
<u>K. MURAH</u>	<u>limpasan dam</u> <u>TEONALANG</u> <u>10.15</u>	Banjir Max				L total bundung L off bundung  <u>L. 8.60.M</u>
		(Puncak) Q				
		Soro				
		Pagi	<u>776</u>	<u>749</u>	<u>867</u>	
		Intake Kiri	<u>96</u>	<u>95</u>	<u>98</u>	
		Intake Kanan	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	
		Jumlah Debit	<u>802</u>	<u>804</u>	<u>913</u>	
		Kadar Sedimen (%)				
<u>K. GALUSI</u>	<u>limpasan dam</u> <u>BUKUL</u> <u>13</u>	Banjir Max				L total bundung L off bundung  <u>L. 16.M.</u>
		(Puncak) Q				
		Soro				
		Pagi	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	
		Intake Kiri	<u>72</u>	<u>73</u>	<u>73</u>	
		Intake Kanan	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>8</u>	
		Jumlah Debit	<u>81</u>	<u>80</u>	<u>81</u>	
		Kadar Sedimen (%)				
<u>K. LANDERAN</u>	<u>limpasan dam</u> <u>kedung kute</u> <u>131</u>	Banjir Max				L total bundung L off bundung  <u>L. 14.60.M.</u>
		(Puncak) Q				
		Soro				
		Pagi	<u>136</u>	<u>202</u>	<u>203</u>	
		Intake Kiri	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	
		Intake Kanan	<u>173</u>	<u>379</u>	<u>413</u>	
		Jumlah Debit	<u>513</u>	<u>682</u>	<u>616</u>	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L total bundung L off bundung
		(Puncak) Q				
		Soro				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L total bundung L off bundung
		(Puncak) Q				
		Soro				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN

BULAN TAHUN : OKTOBER 2012

CABANG DINAS : UPT. PIGEBAH

DINAS : MJOHERJO

Laporan tahunan

Formulir 09 - E

Cabang Dinas - Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Kedatan	DEBIT RATA-RATA 10 h (m <sup>3</sup> /det)			KETERANGAN
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
K. ALORAK	BMPN SANI DAM 720000000	Banjir Max				L total bendung L ell bendung L. 8.60 M.
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi	1273	1392	1491	
		Intake Kiri	53	52	53	
		Intake Kanan	6	6	6	
		Jumlah Debit	1232	1450	1549	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
K. GALUH	KIMPASANDAM DUKUL	Sore				L total bendung L ell bendung L. 16 M.
		Pagi				
		Intake Kiri	55	56	52	
		Intake Kanan	2	2	8	
		Jumlah Debit	62	63	60	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
K. LANDEAN	KIMPASANDAM BENDUNG KUTIL	Intake Kiri	73	86	77	L total bendung L ell bendung L. 14.50 M.
		Intake Kanan	420	490	432	
		Jumlah Debit	501	586	509	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				L total bendung L ell bendung
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				
		(Puncak) Q				
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri				
		Intake Kanan				
		Jumlah Debit				
		Kadar Sedimen (%)				

**DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN**

BULAN TAHUN

: 2019 September

UPT

: Pugeran

DINAS PU

: Mojokerto

Laporan bulanan

Formulir 08-0

Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	Debit Rata-rata 10 h (m <sup>3</sup> /det)			Keterangan
			I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7
Klorak	Dam Umpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				L 28 M
		Pagi	1636	3300	3142	
		Intake Kiri	Pagi	32	41	
		Intake Kanan	Pagi	-	-	
		Jumlah Debit	Pagi	1668	3321	3211
		Kadar Sedimen (%)				
	Dam Ilmpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				L 8.60 M
		Pagi	31	115	774	
		Intake Kiri	Pagi	515	510	
		Intake Kanan	Pagi	9	9	
		Jumlah Debit	Pagi	513	521	515
		Kadar Sedimen (%)				
Galoh	Dam Umpasan kedungkutil	Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi	1202	1365	2640	
		Intake Kiri	Pagi	-	-	
		Intake Kanan	Pagi	111	1213	3248
		Jumlah Debit	Pagi	1213	5528	
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				
landean		Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				
		Banjir Max				L Total Bendung
		(Puncak) Q				L Elf Bendung
		Sore				
		Pagi				
		Intake Kiri	Pagi			
		Intake Kanan	Pagi			
		Jumlah Debit	Pagi			
		Kadar Sedimen (%)				

DATA DEBIT SUNGAI DAN KADAR SEDIMEN  
 BULAN TAHUN : Desember 2019  
 UPT : Pugeran  
 DINAS PU : Mojokerto

Laporan bulanan  
 Formulir OB-0  
 Cabang Dinas-Dinas

Nama Sungai	Nama Bendung Intake	Keadaan	Debit Rata-rata 10 h ( m <sup>3</sup> /det )			Keterangan	
			I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	
Klorak	Dam Limpasan Tromalang	Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi				L 28 M	
		Intake Kiri	Pagi	1230	3553	5107	
		Intake Kanan	Pagi	15	57	19	
		Jumlah Debit	Pagi	-	-	-	
Kadar Sedimen	( % )	1425	5604	5756			
Galoh	Dam Limpasan Gero	Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi	115	1380	788	L 8.50 M	
		Intake Kiri	Pagi	52	53	62	
		Intake Kanan	Pagi	10	10	11	
		Jumlah Debit	Pagi	504	1443	1361	
Kadar Sedimen	( % )						
Iandean	Dam Limpasan kedungkutll	Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi	6841	7419	6484		
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi	280	360	465	
		Jumlah Debit	Pagi	7121	7779	6749	
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri	Pagi				
		Intake Kanan	Pagi				
		Jumlah Debit	Pagi				
Kadar Sedimen	( % )						
		Banjir Max				L Total Bendung	
		( Puncak ) Q				L Elf Bendung	
		Sore					
		Pagi					
		Intake Kiri					

### LAMPIRAN III

Hasil pengujian analisis saringan sampel sedimen:

No	Diameter	Berat tertahan + cawan	Berat cawan	Berat tertahan	% tertahan	% lolos
-	<i>mm</i>	<i>gram</i>	<i>gram</i>	<i>gram</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
4	4.78	39.29	39.29	0	0	100
10	2	39.62	39.29	0.33	0.13	99.87
20	0.85	49.089	39.29	9.799	3.76	96.11
40	0.425	106.554	39.29	67.264	25.83	70.28
100	0.149	188.459	39.29	149.169	57.27	13.01
200	0.075	72.79	39.29	33.5	12.86	0.15
Pan	0	39.68	39.29	0.39	0.15	0.00



## LAMPIRAN IV

Hasil pengujian berat jenis sampel sedimen:

No Pikno	Berat Pikno (Wp)	Berat pikno + tanah kering (W1)	Berat pikno + air suling (W3)	Berat pikno + air + tanah kering (W2)	Berat tanah kering (W4)	Gs	Berat jenis tanah
-	<i>gram</i>	<i>gram</i>	<i>gram</i>	<i>gram</i>	<i>gram</i>	-	<i>t/m<sup>3</sup></i>
18	89.425	145.696	336.74	372.5	56.271	2.743	2.746
28	84.871	139.07	332.73	367.21	54.199	2.749	



Windi Astuti,  
Penulis dilahirkan di Mojokerto pada tanggal 30 Desember tahun 1995. Merupakan anak pertama dari 2 (dua) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Shandy Putra Mojokerto, SDN Kranggan I Mojokerto, SMPN II Mojokerto, serta SMAN 1 Sooko Mojokerto. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2014, penulis mengikuti ujian Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan diterima di jurusan Teknik Sipil ITS, terdaftar dengan NRP 03111440000110. Selama menjalankan pendidikan di kampus, penulis cukup aktif mengikuti berbagai kegiatan dan kepengurusan, seperti menjadi Staff Departemen Dana dan Kewirausahaan HMS ITS 2015/2016, Panitia dalam International Symposium UNIID 2017, Panitia dalam kegiatan bakti sosial FTSP Universal Foundation (Anak Indonesia Mari Berkarya) pada tahun 2015, dan lain-lain.



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Dr Ir. Wans Wardoyo, Msc
NAMA MAHASISWA	Windi Asuti
NRP	03111440000110
JUDUL TUGAS AKHIR	Analisa Potensi Sungai Landean sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro bagi Wisata Lembah Mberutang
TANGGAL PROPOSAL	30 Januari 2018 / di Kecamatan Gondang Kabupaten Mojokerto
NO. SP-MMTA	023750 / IT.2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	2/3	Flow Iteration Curve	Layout	js -
	4/4	Layout RTMH	Intake, saluran	js -
	12/4	Perencanaan intake Perencanaan saluran	Sedimen, sandtrap	js -
	23/4	Revisi saluran Analisa butir sedimen Perencanaan kantong pasir	Bak penenang	js -
	2/5	Revisi intake Perencanaan bak penenang	Revisi bak + intake	js -
	15/5	Revisi kantong pasir Revisi bak penenang	Sandtrap + grafik	js -
	4/6	Analisa Sedimen Revisi kantong pasir Revisi bak penenang	Trashrack, pipa pesat	js -
	19/6	Revisi Analisa Sedimen Perencanaan Trashrack Perencanaan pipa pesat	MOL, turbin, daya, energi	js -
	28/6	Perencanaan MOL Perhitungan Kelistayahan Energi Pemilihan Turbin Perhitungan daya		js -